Über Boden-Filtration, Lage und Schutz von Wasserfassungen,

mit besonderer Berücksichtigung militärischer Erfordernisse.

Von

Major z. D. **W. Kranz.**

Mit 7 Textfiguren.

Inaugural-Dissertation

der

Philosophischen Fakultät (Sektion II) der Ludwig-Maximilians-Universität München,

eingereicht am 14. 11. 1916.

STUTTGART 1917.
E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
Nägele & Dr. Sproesser.

Über Boden-Filtration, Lage und Schutz von Wasserfassungen,

mit besonderer Berücksichtigung militärischer Erfordernisse.

Von

Major z. D. **W. Kranz.**

Mit 7 Textfiguren.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Inaugural-Dissertation

der

Philosophischen Fakultät (Sektion II) der Ludwig-Maximilians-Universität München,

eingereicht am 14. 11. 1916.

STUTTGART 1917.
E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
Nägele & Dr. Sproesser.

„Wo in größere Tiefe heruntergegangen werden muß, sei es durch Schacht oder Bohrung, immer muß auf die Höhenlage der wasserführenden Schicht gegenüber der oder den benachbarten wasserführenden Talrinnen Bedacht genommen werden. Liegt erstere höher als diese, so ist es mit der Wassergewinnung immer eine bedenkliche Sache, und in den meisten Fällen kann man Ergebnislosigkeit voraussagen, besonders wenn der Höhenunterschied bedeutend ist. Bei Aufschlüssen wird man zwar das Wasser

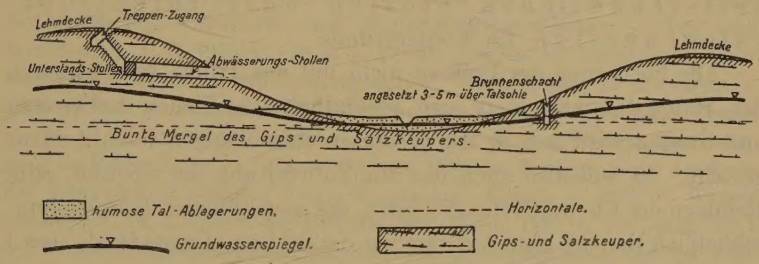


Fig. 1. W. Kranz 1915

gewöhnlich in etwas größerer Höhe als im Niveau der Talsohlen anfahren, will man aber auf dauernden Bezug rechnen, so muß man unter dieses heruntergehen. Der Unterschied wird durch den Grad der Durchlässigkeit der Schichten bedingt und ist um so geringer, je größer diese ist. Innerhalb der Hügel wird der Grundwasserstand durch kapillare Kräfte höher gehalten als an seinen Rändern“ [1] (vgl. Fig. 1). Damit ist im allgemeinen die vom rein geologischen Standpunkt wünschenswerte absolute Höhen- und Tiefenlage von Wasserfassungen bestimmt, soweit nicht wirt-

[1] Van Werveke, Geologischer Wegweiser in Fragen der Wasserversorgung im Gebiet zwischen Maas und Mosel. Mitteil. Geol. Landesanstalt Els.-Lothr. **10**. 1. 1916. p. 19. — Vgl. auch W. Klüpfel, Wasserverhältnisse im Lothringer Jura. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1916. p. 39.

schaftliche oder taktische Rücksichten, z. B. im Stellungskrieg, Erschließung von Trinkwasser auch in ungünstigerer Höhe bedingen. Lage von Brunnen im tiefsten Teil von Mulden ist zu vermeiden, weil sie dort leicht durch Tage- und Abwässer verunreinigt werden. Auch soll man Brunnen nicht nach altbeliebter, weil bequemer Art nur etwa 1 m unter den tiefsten Grundwasserstand abteufen, sondern mit Schacht oder Bohrrohr „tunlichst bis auf die undurchlässige Unterlage hinuntergehen“ [1], namentlich weil das auch „einen bedeutend erhöhten Schutz gegenüber von der Oberfläche herstammenden Verunreinigungen gewährt“. Und dies ist andererseits der hauptsächlichste Beweggrund für die Wahl der relativen Tiefe von Wasserfassungen gegenüber der jeweiligen Geländeoberfläche, wie schon Heim[2] angibt: „Wenn es sich heutzutage um Quellen oder Grundwasser für eine Wasserversorgung handelt, so steht mit Recht die Frage nach ihrer Reinheit von eventuell gesundheitsschädlichen Stoffen oder Infektionsgelegenheiten im Vordergrunde.“

Die Forderung der Freiheit nicht nur des Trink-, sondern auch des Hausgebrauchwassers von gesundheitsschädlichen Lebewesen und Stoffen wird fast in der gesamten einschlägigen Fachliteratur gestellt. Es soll also auch das zur Zubereitung der Speisen, zum Reinigen der Eß- und Trinkgeschirre, des menschlichen Körpers (einschließlich Baden), zum Aufwaschen der Stuben (Unterstände usw.) benötigte Wasser völlig oder bis zu einem geringen, keine nennenswerte Gefahr mehr bietenden Grade von solchen Lebewesen (Bakterien etc.) und Stoffen dauernd frei sein. Dies steht unmittelbar mit der Möglichkeit in Verbindung, bestimmte Krankheiten durch Wasser und Schlamm zu übertragen. Nach dem jetzigen Stand der Wissenschaft[3] darf an-

[1] Keilhack, Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. 1912. p. 444, 455.

[2] A. Heim, Die Quellen. 1885. p. 18.

[3] Vgl. u. a. F. Hueppe, Über Entstehung und Ausbreitung der Kriegsseuchen. Berliner Klinische Wochenschrift. 1915. No. 7, 8. — A. Gaertner, Die Quellen in ihren Beziehungen zum Grundwasser und zum Typhus. Klinisches Jahrbuch. 1902. p. 342, 399—473; — Die Hygiene des Wassers. 1915. p. 1—40, 106 f., 455, 484 f. — Koch, Seuchenbekämpfung im Kriege. Klinisches Jahrbuch. 1902. p. 5—8. — Kirchner, Ernährung und Trinkwasserversorgung im Felde. Ebenda p. 16—28. — „Entstehung, Verhütung und Bekämpfung

genommen werden, daß durch krankheitserregende Kleinlebewesen im Trink- und Hausgebrauchswasser mit Sicherheit übertragbar sind: Cholera, Typhus, tropische oder endemische Ruhr (durch Amöben), Weilsche Krankheit, bei Tieren Milzbrand. Wahrscheinlich ist die Möglichkeit der Krankheitsübertragung bei Paratyphus B und bazillärer oder epidemischer Ruhr, fraglich bei Magen-Darmkatarrhen. Vergiftungen durch Wasser sind nachgewiesen bei Arsen und Blei. Auch Eingeweidewürmer können durch Wasser übertragen werden. Damit ist jedoch keineswegs gesagt, daß die Entstehung aller dieser Krankheiten auf Trink- oder Hausgebrauchswasser zurückgeführt werden muß oder darf. Im Gegenteil ist bei vielen derselben die Ursache in der Regel eine andere, und es muß in jedem Einzelfall genau geprüft werden,

---

des Typhus bei den im Felde stehenden Armeen", vom preuß. Kriegsministerium 1901 herausgegeben. — Anleitung für die Einrichtung, den Betrieb und die Überwachung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen (vom Deutschen Bundesrat), nebst „Anweisung" hierzu (von den preuß. Ministerien des Innern, der geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten). — Vgl. auch Gaertner a. a. O. 1915. p. 616 ff. — Pfuhl, Beiträge zur Kenntnis der Übertragung des Typhus durch Nahrungsmittel. Gedenkschrift für Leuthold. I. 1906. p. 103 f. — Jürgens, Die Bekämpfung des Typhus und der Ruhr. Ebenda p. 136. — Musehold und Bischoff, Zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung im Felde. Ebenda p. 178. — Hetsch, Über den heutigen Stand der Frage der Trinkwassersterilisation durch Chemikalien. Ebenda p. 203; — Wasserversorgung. Im Lehrbuch der Militärhygiene Berlin. 1910. p. 197—202, 322 f. — Baehr, Trinkwasserbeurteilung und Trinkwasserversorgung bei der Feldarmee. Zeitschrift für Hygiene. **56**. 1907. p. 114 f., 119 f. — G. Kabrhel, Theorie und Praxis der Trinkwasserbeurteilung. München u. Leipzig 1900. p. 1 ff., 14 ff., 55 ff., 95 ff., 110 ff.; — Zur Frage der Bedeutung des *Bacterium coli* in Trinkwässern. Archiv für Hygiene. **76**. 1912. p. 258 ff.; — Studien über den Filtrationseffekt der Grundwässer. Archiv für Hygiene. **68**. 1909. p. 218. — Schumburg, Die Choleraerkrankungen in der Armee 1892—1893. Veröffentlich. aus dem Gebiete des Militärsanitätswesens. **8**. 1894. p. 1 ff., 17, 24 ff., 32 f., 37, 49 ff. — Loesener, Trinkwasserversorgung der Truppe. Berlin 1909. p. 4 ff., 14. — Bischoff, Wasserversorgung für eine Armee im Felde. Bericht XIV. Intern. Congress Hyg. Berlin 1908. p. 527 ff. — Spitta, Die Wasserversorgung. Wasser und Abwasser. 1911. p. 23, 27—49 (weitere Literatur dort). — Springfeld, Die Typhusepidemie im Regierungsbezirk Arnsberg und ihre Beziehungen zu Stromverseuchungen und Wasserversorgungsanlagen. Klinisches Jahrbuch. 1903. p. 323—460; — Keimdichte der Förderungsanlagen zentraler Wasseranlagen im Regierungsbezirk Arnsberg. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. **35**. 1903. p. 568—584. — Keilhack, Grundwasser- und Quellenkunde. 1912. p. 466 ff.

ob Wasser oder nicht vielmehr sonstige Übertragung in Betracht kommt. Daß andererseits Bazillenträger[1] namentlich bei Massenansammlungen von Menschen in Kasernen, auf Truppenübungsplätzen, im Stellungskrieg usw. auch die Gefahr der Krankheitsübertragung durch Wasser erhöhen können, dürfte selbst unter Berücksichtigung des Wertes der Schutzimpfungen ohne weiteres einleuchten[2]. Die Typhusgefahr ist durch Schutzimpfung zwar herabgemindert, aber nicht aufgehoben. Schon deshalb muß ganz besonders Infektion durch menschlichen Kot, Jauche oder Mist verhindert werden, daher ist eine Verseuchung durch Latrinen, Mist-, Abfallgruben u. dgl. auf Übungsplätzen, im Stellungskrieg usw. mit allen Mitteln unmöglich zu machen, solche Anlagen sind aus der Nähe von Wasserfassungen zu verlegen, verseuchte oder stark gefährdete Wasserentnahmestellen müssen unbenutzbar gemacht oder, wenn angängig, geändert und dauernd hygienisch überwacht werden, u. a. durch chemische und bakteriologische Wasseruntersuchung (vgl. W. Kranz, Geologie und Hygiene im Stellungskrieg. 1916. p. 346. Fig. 31).

Die Frage, ob eine solche Gefahr vorliegt, wird aber vielfach nur auf geologischer Grundlage beantwortet werden können, weil hier die Boden- und Grundwasserverhältnisse ausschlaggebend sind. Theoretisch muß verlangt werden, daß Trink- und Gebrauchswasser „keimfrei" ist, praktisch genügt es aber erfahrungsgemäß bei künstlichen Sandfiltern, wenn von 1000 Mikroben des auf das Filter gebrachten Wassers bloß ein einziger im Filtrate wieder erscheint, also ein Filtrationseffekt im Stadium der vollkommenen Leistungsfähigkeit unter normalen Druck- und Filtrationsgeschwindigkeitsbedingungen von 1000 : 1[3]. Praktisch gleichbedeutend ist es auf Grund zwanzigjähriger Erfahrung, „wenn sich dauernd in 1 ccm des Filtrats nicht mehr als 100 Bakterien finden, die auf einer nach den Vorschriften des Kaiserlichen Ge-

[1] Gaertner, a. a. O. 1915. p. 17 ff. Ebenda vgl. die Lebensdauer der einzelnen Krankheitserreger im Boden und Wasser.

[2] Hueppe, a. a. O. 1915. Sonderabdr. p. 28—31. — Kuhn und Moellers, Hygienische Erfahrungen im Felde. Medizinische Klinik. 1915. p. 14—17. — Militär-Wochenblatt 1917. No. 139. p. 3338.

[3] Kabrhel, Archiv für Hygiene. 58. 1906. p. 346 gestattet 7000 : 1; nach Gaertner a. a. O. p. 527 wäre dies wohl zu günstig gerechnet.

sundheitsamtes bereiteten Nährgelatine bei einer Temperatur von rund 20° C innerhalb 48 Stunden gewachsen und mit der Lupe gezählt sein müssen", wenn dabei die Keimzählung so ausgeführt wird, daß eine nachträgliche Vermehrung der Bakterien nicht stattgefunden hat und wenn die Proben richtig entnommen sind, vorausgesetzt, daß das Wasser nicht in übermäßiger Weise mit pathogenen Bakterien durchsetzt ist. Auch für natürlich filtrierte, sterilisierte oder desinfizierte Wässer darf man die vom Deutschen Bundesrat aufgestellte Keimzahl „100 so lange als eine Grenzzahl für genügende Reinheit halten, bis die Erfahrung uns eines Besseren belehrt haben sollte"[1].

Beim senkrechten und wagerechten Durchtritt des Niederschlagswassers durch poröse Bodenarten bleiben die in ihm enthaltenen Mikroben irgendwo hängen. Je länger dieser Weg und je feiner die Poren, desto mehr Kleinlebewesen werden zurückbleiben; im allgemeinen müßten daher die obersten Bodenschichten bei gleicher Dichte die meisten Keime haben. So einfach liegen die Verhältnisse aber nicht, wie die Forschungen über den Filtrationseffekt namentlich von Kabrhel[2] ergeben. Fraenkel[3] hatte bereits $1\frac{1}{2}$ m unter der Oberfläche in einem „nur von Gras bewachsenen Boden" keimfreie Schichten festgestellt; an verschiedenen Stellen Berlins traten die keimfreien Schichten erst in etwa 4—5 m Tiefe auf. Kabrhel untersuchte durch eine besondere Methode zur Feststellung der Qualität des Grundwassers nicht das filtrierte Wasser, sondern das Bodenfilter selbst, und fand u. a.: In einer großen Waldfläche mit „sandigen Ablagerungen diluvialen Ursprungs, denen stellenweise eine geringe Menge leh-

---

[1] Gaertner, Hygiene des Wassers. 1915. p. 452—454. — Grundsätze zur Reinigung von Oberflächenwassern durch Sandfiltration vom 13. 1. 1899. Veröffentl. Kais. Gesundheitsamt. 1899. p. 107 (Gaertner, a. a. O. p. 614): „Ein befriedigendes Filtrat soll beim Verlassen des Filters in der Regel nicht mehr als ungefähr 100 Keime im Kubikzentimeter enthalten". — Anl. f. d. Einr. usw. öffentl. Wasservers.-Anl., zu No. 14 u. 16 (Gaertner, p. 635).

[2] G. Kabrhel, Theorie und Praxis der Trinkwasserbeurteilung. 1900. p. 13—28; — Bestimmung des Filtrationseffektes der Grundwässer. Archiv für Hygiene. **47**. 1903. p. 195 ff.; — Studien über den Filtrationseffekt der Grundwässer. I. Ebenda **58**. 1906. p. 345—398; II. **64**. 1908. p. 295—312; III. **68**. 1909. p. 191—236. Im folgenden z. T. wörtlich referiert.

[3] Zeitschrift für Hygiene. **2** u. **6**.

miger Bodenbestandteile beigemischt war", zeigten die oberhalb des Grundwassers befindlichen Bodenschichten von der Oberfläche bis zu 1,3—1,5 m Tiefe ziemlich gesetzmäßige und sehr schnelle Abnahme der Mikrobenzahl. Bei tieferen Schichten trat dieses Verhalten z. T. nicht oder unklar auf, die Keimzahl, welche auf einen ziemlich geringen Wert gesunken ist, kann sich mit dem Vordringen in größere Tiefe wieder zu Werten hochschwingen nahe denen der Oberfläche. In einem Schacht kann bei Proben von verschiedenen Stellen der gleichen Tiefe die Mikrobenzahl sehr verschieden sein. Auch die tieferen Bodenschichten (bis 5,1 m untersucht) können selbst in einem derart weiten, seit undenklichen Zeiten zusammenhängenden Waldgebiet reichliche Mengen von Kleinlebewesen enthalten. Die niederste Zahl betrug oberhalb vom Grundwasser 200 Keime in 1 ccm gegen 60 Keime in den wasserführenden Schichten, welche überhaupt im allgemeinen (nicht durchweg) verhältnismäßig weniger Keime hatten.

In Diluvialablagerungen, deren reine Sande zwischen den Körnern nur seltene Lehmbestandteile, oberflächlich z. T. mehr Lehm enthielten, fand Kabrhel unter bebauten, regelmäßig gedüngten Äckern und brachliegenden Grasflächen im allgemeinen oberhalb des Grundwassers größere Gesetzmäßigkeit ohne so auffällige Sprünge in der Mikrobenzahl wie in dem vorgenannten Waldgelände. Am schnellsten sank hier die Keimzahl bis 1—2 m Tiefe, beim Vordringen in größere Tiefen k a n n sie aber auch hier wieder steigen, und diese Schichten (bis 4,3 m untersucht) enthalten dort gleichfalls eine ziemlich reiche Bakterienflora. Die niederste Zahl betrug oberhalb vom Grundwasser und in den wasserführenden Schichten 40 Keime in 1 ccm.

In alluvialen Ablagerungen mit einer stark lehmhaltigen Schicht von 1 m und größerer Stärke an der Oberfläche, und darunter an lehmhaltigen Bestandteilen armen Sand- oder Schotterschichten, deren niedere Lagen als Wiesen, die höheren mit Getreide, Rüben u. dgl. angebaut waren, fand Kabrhel bis 4,5 m Tiefe in den Hauptzügen ziemlich gleiche Verbreitung der Mikroben wie in dem vorgenannten landwirtschaftlich bebauten diluvialen Gebiet. In sehr durchlässigem Diluvialsand an einer völlig vegetationslosen Stelle bei einem Bauerngehöft war die Keimzahl der Oberfläche (3 470 760 in 1 ccm) schon bei 0,5 m Tiefe auf 22 680, bei 1,5 m Tiefe auf 240 herabgegangen.

Aus der z. T. hohen Keimzahl in tieferen Schichten des Waldgebiets (bis zu 281 680) und den regelmäßigeren Verhältnissen im Feld- und Wiesengelände wird mit Recht gefolgert, „daß der Boden in der Umgebung der Wurzeln den Sitz einer reichen bakteriellen Vegetation bildet“[1]; da in pflanzenfreiem Gelände bei 50 cm Tiefe weit weniger Mikroben waren als gewöhnlich in den Feldern oder Wiesen, so wird fernerhin geschlossen, „daß auch im Feld- und Wiesenterrain das Pflanzenwurzelwerk auf den Charakter der bakteriellen Vegetation, sowie auf das Eindringen derselben in tiefe Schichten in wesentlicher Weise“ Einfluß hat. (Eindringen von Weizenwurzeln in tonigsandigen Boden wurde bis 2,3 m, in festerem Boden bis 2 m Tiefe beobachtet.) Man kann zwar mit einem sterilisierten Röhrenbrunnen aus den hier untersuchten größeren Tiefen keimfreies Wasser gewinnen, oder mit unsterilisierten Brunnen bei mehrstündigem Abpumpen ein Wasser, dessen Keimgehalt sich der Sterilitätsgrenze nähert. Die Schichten aber, aus denen das Wasser kommt, müssen nach diesen Versuchen nicht steril sein; sie können vielmehr eine reichliche Bakterienflora besitzen, was besondere Proben bestätigten. Dazu mag auch das ziemlich tiefe Eindringen von Würmern und Maulwürfen (bis etwa 2 m) beitragen, so daß selbst Tone und Lehme bis zu diesen Tiefen oft keineswegs undurchlässig sind oder filtrierend wirken[2].

Kabrhel hält den Filtrationseffekt des genannten Diluvialsandes (dessen Korngröße leider nicht genannt wird) schon bei 1,5 m Tiefe unter natürlichen Regenniederschlägen für größer als den eines gut geleiteten künstlichen Sandfilters. Er belegt mit einem Versuch, daß eine Schicht fetten plastischen Tones von einigen Zentimetern Dicke noch einen größeren Widerstand gegen das Eindringen von Mikroben bietet, so daß unter dieser Schicht die Keime eines jauchigen Düngerhaufens bereits in 1 und 1,5 m Tiefe nur in verhältnismäßig geringer Zahl vorhanden waren. Fraenkel fand im Sandboden des Pfingstbergs bei Potsdam von 3—5 m Tiefe 0—100 Bakterien, in reinem Sand (unter humosem Sand und Bauschutt) an der Friedrichstraße-Berlin bei 3,5 m

[1] Vgl. auch Geologie und Hygiene im Stellungskrieg. 1916. p. 341.

[2] Gaertner, a. a. O. 1915. p. 222 f.

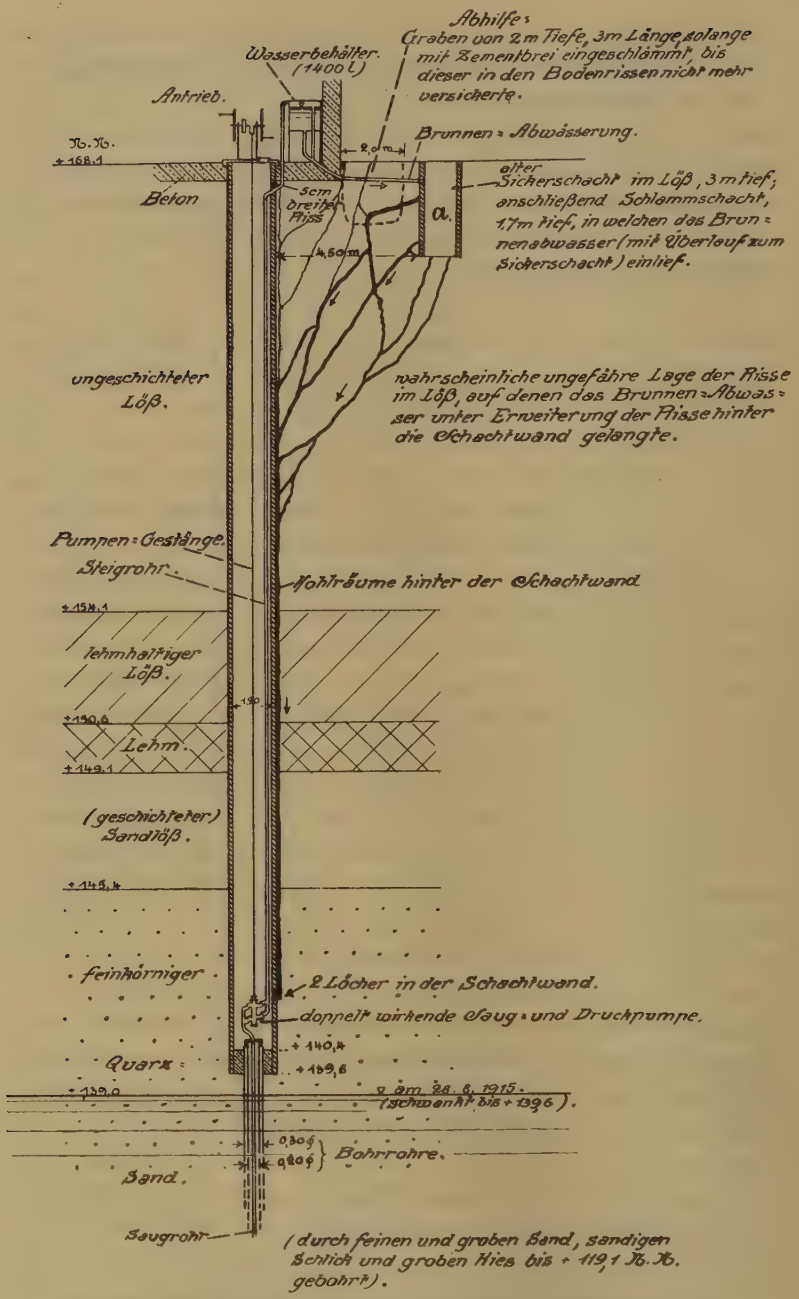


Fig. 2a. Entstehung von Bodenrissen durch Brunnenabwässer. Aufgenommen von Dr. W. Wagner (Geologe), Regierungsbaumeister Fr. Krauss und Techniker H. Fischer.

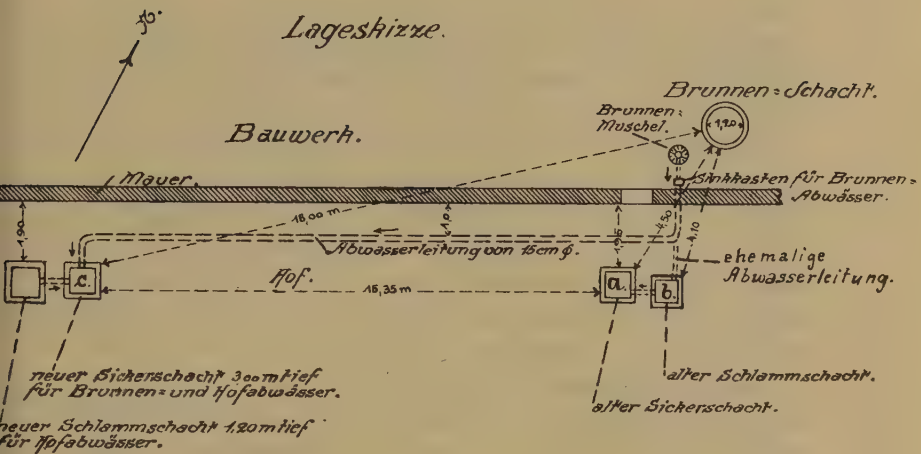


Fig. 2b. Aufgenommen von Techniker H. Fischer.

Tiefe 0 Bakterien. Reimers stellte in 3 m Lehm (unter 1 m Humus und grobem Kies) in Ackerland der Gegend von Jena bei 4 m Tiefe 0 Bakterien fest, Kümmel in Sand unter Heide bei Altona von 2—6,5 m Tiefe 50—0 Bakterien in 1 ccm Boden[1]. Kabrhel belegt mit zweien seiner Versuche, daß Sandboden bereits in 1—2 m Tiefe vor oberflächlich eindringenden, namentlich pathogenen Mikroben geschützt sein und chemisch wie bakteriologisch einwandfreies Trinkwasser liefern kann, auch unter gedüngten, geackerten, geeggten und besäten Feldern. Kabrhel schränkt das aber auf natürliche (den Regenniederschlägen entsprechende) Geschwindigkeiten der Filtration ein: An Orten, an welchen fortgesetzt Flüssigkeiten in durchlässige Schichten eindringen können oder der Grundwasserstrom stark abgesenkt wird[2], treten ganz andere Verhältnisse auf, z. B. beim Durchsickern des Inhaltes undichter Kanäle, Latrinen usw., bei Überanstrengung von Brunnen durch zu starkes Pumpen. Entsprechendes hat Dr. W. Wagner in Verbindung mit Regierungsbaumeister Krauss an einem Bauwerk festgestellt (vgl. Fig. 2), dessen Brunnenabwässer in einem zu nahe gelegenen Sickerschacht (a der Zeichnung) nach Vorreinigung durch einen anschließenden Schlammschacht (b der Zeichnung) in Löß ver-

[1] Gaertner, Hygiene des Wassers. 1915. p. 218 f.

[2] Gaertner, a. a. O. p. 224 ff.

sickerten. Der Löß absorbiert unter natürlichen Verhältnissen leicht große Wassermassen, nimmt vermöge seiner Porösität und lockeren Lagerung die stärksten Regenmengen auf, „vermag Wasser bis zur Hälfte seines Volumens zu verschlucken, aber infolge der großen Feinheit seiner einzelnen Körner erfolgt die Weiterbeförderung des Wassers in die Tiefe nur mit großer Langsamkeit". Andererseits kann durch Kalkröhrchen im Löß ausgiebige Weiterleitung des Wassers stattfinden[1]. Sein feines Korn und die verhältnismäßig langsame Filtration dürfte bewirken, daß Löß bereits in geringer Tiefe Trinkwasser liefern kann, wenn die natürliche Filtration nicht geschädigt wird (vgl. p. 38).

Im vorliegenden Fall (Fig. 2) würde unter natürlichen Verhältnissen mindestens im lehmhaltigen Löß und im Lehm zwischen + 154,1 und 149,1 m N.N. Klärung und Filtration von Regenwässern erfolgt sein, die Kiese zwischen + 126,6 und 119,1 N.N. hätten — wie das bei vielen anderen Brunnen im gleichen Horizont chemisch und bakteriologisch nachgewiesen ist — reines Trinkwasser liefern müssen. Nach 3 achtstündigen Pumpversuchen lieferte der Brunnen aber stark getrübtes Wasser, die Trübung bestand aus Löß. Dr. Wagner brachte 5 g Fluorescein (gelöst in Ammoniak) in das Brunnenwasser des Schlammschachtes ein[2] und stellte nach $\frac{5}{4}$stündigem Pumpen Grünfärbung des gepumpten Wassers fest. Die Wand des Schlammschachtes (b) brach nach Hohlräumen durch, die sich zwischen Schlammschacht und Bauwerk neu gebildet hatten. Ferner war unmittelbar hinter

[1] Keilhack, Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. 1912. p. 90, 103, 299. — E. Ramann, Einwirkung elektrolytarmer Wässer auf diluviale und alluviale Ablagerungen u. Böden. Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1915. p. 287, 289.

[2] Über Feststellung unterirdischer Verbindungen durch Färbeversuche (namentlich Fluorescein), Salzlösung, Hefe, Aufschwemmung von Bakterien u. dgl. vgl. Höfer v. Heimhalt, Grundwasser und Quellen. 1912. p. 63—65. — Keilhack, Grundwasser- und Quellenkunde. 1912. p. 456—459. — Gaertner, Die Quellen in ihren Beziehungen zum Grundwasser und Typhus. Klinisches Jahrbuch. 1902. p. 373—392; — Hygiene des Wassers. 1915. p. 225—230, 300—310. — Loesener, Trinkwasserversorgung der Truppe. 1909. p. 13 f. — Hetsch, in Lehrbuch der Militärhygiene. 1910. p. 238—240. — Thiem, Zeitschrift d. Vereins Deutscher Ing. 1887. p. 1133; Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1888. p. 18. — Elektrolyt. Methode v. Slichter vgl. Österr. Wochenschrift f. d. öffentl. Baudienst No. 48 vom 29. 11. 1902; Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1902. p. 141; 1903. p. 230; 1907. p. 982. — Lueger-Weyrauch, Wasserversorgung der Städte. I. 1914. p. 39—41, 486—488.

der Brunnenschachtwand ein Hohlraum entstanden, und etwa 1,6 m über der Sohle dieses Schachtes 2 Löcher in seiner Verkleidung aus Betonringen (vgl. Fig. 2); diese hatten sich etwas gesenkt, zwischen dem Fundament des Bauwerks und dem obersten Betonring der Verkleidung klaffte ein 5 cm hoher Riß (vgl. den Querschnitt Fig. 2). Der Brunnenschachtboden war mit Löß bedeckt, der auch in das offene 30 cm weite Bohrrohr bezw. durch die undichte Schutzhaube in das innere 20 cm weite Bohrrohr hineingespült und beim Pumpen wieder angesaugt wurde. Offenbar waren zunächst von der unverkleideten Sohle des Sickerschachtes, dann vom Schlammschacht aus durch die Brunnenabwässer Bodenrisse und Hohlräume zwischen diesen Schächten und dem Brunnenschacht entstanden, und die Hinterfüllung zwischen dessen Betonringen und der Bodenwand seiner Baugrube hielt gleichfalls nicht stand.

Nach Zufüllung der sichtbaren Hohlräume und Löcher in den Schachtwänden wurde durch 16stündiges Pumpen Klärung versucht, das Wasser blieb aber trüb, wenn auch chemisch einwandfrei, im Wasserbehälter war schließlich eine 10 cm hohe Schlammschicht, die Trübung bestand wieder aus Löß, das Abwasser versickerte abermals sehr schnell im Sickerschacht. Nunmehr wurde auf Vorschlag von Regierungsbaumeister Krauss und Dr. Wagner der Sickerschacht (a) in einen wasserdicht verputzten Schlammschacht mit betonierter Sohle umgebaut, die Abwässer in einen 18 m vom Brunnen entfernten anderen Sickerschacht (c der Zeichnung) geleitet und unmittelbar neben dem Bauwerk ein 2 m tiefer Graben ausgehoben, der mit Zementbrei so lange eingeschlämmt wurde, bis keine Versickerung in den Bodenrissen mehr erfolgte. Einige Tage später lieferte 16stündiges Pumpen zunächst trübes, dann klares einwandfreies Brunnenwasser, wodurch die Abhilfe als richtig erwiesen war.

Man kann sich an Hand dieses Beispiels vorstellen, daß in einem vom Stellungskrieg durch Granaten, Minen, Gräben, Abort- und Abwässergruben, Gräber usw. durchwühlten Boden die „natürlichen Geschwindigkeitsverhältnisse der Filtration“ vielfach in ganz unberechenbarer Weise abgeändert sind. Mit den von Kabrhel nachgewiesenen Tiefen (1—2 m für feinkörnigen [?] Sand und für fetten Ton) wird man sich daher beim Fassen von Trink- und Gebrauchswasser n i c h t begnügen, w e n n d i e M ö g l i c h -

keit vorliegt, daß das Einzugsgebiet einer Quelle oder das deckende Gebirge des Grundwassers beschädigt und der Filtrationseffekt verschlechtert wurde. Zu berücksichtigen ist ferner, daß dünne Decken an sich wenig- bis undurchlässiger Schichten (z. B. die oft verlehmten obersten Lößzonen, viele Lehme und Tone Nordfrankreichs, die Lehmdecken mancher Flußablagerungen) in Trockenzeiten häufig tiefe Spalten und Risse bilden, welche u. U. Abwässer in darunter liegende durchlässige Bodenschichten gelangen lassen; ähnlich können Wühlgänge von Maulwürfen, Mäusen, Regenwürmern usw. wirken, die bis zu 2 m Tiefe beobachtet wurden[1].

Dementsprechend wird denn auch im allgemeinen für Brunnenanlagen und Quellfassungen eine größere Tiefe verlangt, als nach den Versuchen von Kabrhel zulässig erscheinen könnte: Dieser hält selbst eine Deckschicht von (feinkörnigen?) Sanden in 2—3 m Mächtigkeit über dem natürlichen Grundwasserspiegel unter landwirtschaftlich bearbeitetem Boden für ausreichend, vorausgesetzt, daß nicht durch Rüben-, Kompost-, Jauchegruben u. dgl. die Deckschicht verändert wird und insbesondere „eine Abfallflüssigkeit dauernd einsickern würde, wodurch sich die ursprüngliche, der Größe der natürlichen Regenniederschläge entsprechende Filtriergeschwindigkeit erhöhen würde". Die meisten Bakterien kommen, abgesehen von gangbaren Verbindungen zwischen oberen und tieferen Bodenschichten (die u. U. auch Pflanzenwurzeln herstellen können)[2], im obersten ungenügend filtrierten Boden und Bodenwasser vor[3], man hat daher Wasserentnahme aus so geringen Tiefen möglichst zu vermeiden. —

Neue Ergebnisse über den Filtrationseffekt liegen jetzt aus den Flußablagerungen einer breiten Ebene vor, welche aus Schichten von meistens haselnuß- bis faustgroßen, öfters aber auch bis pflastersteingroßen abgerundeten Geröllen bestehen, bisweilen durch

[1] Im Artois habe ich Trockenrisse im obersten Lehm bis 1,6 m unter Geländeoberfläche beobachtet, durchschnittlich 1 m tief in Flandern. — Vgl. auch Salomon, Über einige im Kriege wichtige Wasserverhältnisse des Bodens und der Gesteine. München-Berlin 1916. p. 9, 20, 22, 25. — Gaertner, Hygiene des Wassers. 1915. p. 222 f.

[2] Vgl. p. 9, Anm. 1. — Ramann, a. a. O. 1915. p. 289.

[3] Gaertner, a. a. O. 1902. p. 401; vgl. auch die im vorhergehenden aufgeführte Literatur.

kalkiges Bindemittel zu Konglomerat verkittet, aus grob- und feinsandigen Schichten und eingeschalteten Schlicklagen (Mergel); besonders gegen die Oberfläche zu sind Schlicke häufig vorhanden. Wo die Kiese und Sande oberflächlich anstehen, sind sie oft von einer 0,2—2, selten über 1 m mächtigen Decke lehmigen Verwitterungsbodens überdeckt. Die Kiese und Sande sind sehr durchlässig, die lehmige Verwitterungsdecke, die schlickhaltigen Sande und Schlickschichten wenig bis fast gar nicht. In der Ebene führen die Sande und besonders die Kiese reichlich Grundwasser, dessen Gefälle an einigen Stellen zu 0,6—0,7 ‰ gemessen wurde; der Wasserspiegel befindet sich dort 1—3 m, gewöhnlich etwa 2 m unter Geländeoberfläche, er schwankt ziemlich stark, besonders nahe dem Hauptstrom und seinen Nebenflüssen, deren Hochwasser sich durch Stauungen des Grundwassers bemerkbar machen. In den tiefer gelegenen Teilen der Ebene tritt bei Hochwasserständen das gestaute Grundwasser über die Geländeoberfläche heraus[1]. Wasser läßt sich hier überall mit Abessinierbrunnen (vgl. Geologie und Hygiene im Stellungskrieg, p. 273—276) entnehmen, der Zustrom ist so reichlich, daß beim Pumpen nur sehr geringe Absenkung des Grundwasserspiegels erfolgt. Bakteriologische Untersuchungen bis 1904 schienen nun zu ergeben, daß in dem ebengenannten Gebiet „erst von einer Tiefe von 8 m an mit Sicherheit auf ein durch natürliche Bodenfiltration genügend gereinigtes keimfreies Grundwasser zu rechnen ist". In der Gegend der Altwasser zeigten einwandfrei angelegte Brunnen oft hohe Keimzahlen; 2 Brunnen dort mit nicht ganz einwandfreier Abdeckung und nur 5,8 bezw. 5,9 m Tiefe ergaben auffallend hohe Zahlen, ein 9,8 m tiefer Brunnen hatte steriles Wasser. Außerhalb der Altwässer war bei flacheren (ca. 4 m tiefen) Brunnen „Verunreinigung des Wassers mit Dungstoffen durch die Gegenwart von Ammoniak, salpetriger Säure, Salpetersäure und Chlorgehalt häufig nachweisbar".

Zu etwas anderen Ergebnissen führten Untersuchungen auf der gleichen Flußebene 1914—16, in Tabelle p. 16—26 zusammenge-

[1] Die vorstehenden geologischen Angaben über das hier in Frage kommende Gebiet sind z. T. wörtlich einer von Prof. Dr. Frhr. Stromer v. Reichenbach 1915/16 verfaßten Schrift entnommen, die nachfolgenden hygienischen Angaben einem Bericht von Prof. Dr. Jaeger, 1904, sowie einer geologisch-technischen und hygienischen Zusammenstellung zur vorgenannten Schrift. — Vgl. auch Gaertner, Klinisches Jahrbuch. 1902. p. 343.

Art des Brunnens	Tiefe des Filters in m	Tiefe des Wasserspiegels in m	Bodenart am Brunnen	Lage des Brunnens	Untersuchungsergebnis chemisch	Untersuchungsergebnis Keime in 1 ccm	Bemerkungen
Schacht mit Bohrung, Flügelpumpe	11,85	1,85	Kies und Sand wechselnd	auf dicht bewohntem Grundstück, viel benutzt	**gut**	**98**	
gebohrter Abessinier	11	2,2	0,7 m humoser sandiger Schlick, 0,5 „ sandiger Schlick, darunter Kies und Sand wechselnd (9—11 m grober Kies)	auf brachliegendem Grundstück dicht zwischen einem Pferdestall u. einem Geräteschuppen, Abwässerung gut	**gut**	**39**	
desgl.	10	0,6 bis 1,35	1 m Riedboden, 2,5 „ Schlick, 6,5 „ Kies	auf Wiesenboden nahe versumpften Bächen	**gut**	**28**	
desgl.	9		2,2 m Schlick, 0,6 „ Ton, 0,9 „ kiesiger Schlick, 5,5 „ Kies und Sand, darunter Kies	im Freien auf dicht bewohntem Grundstück, Brunnen viel benutzt; Abwässerung nicht einwandfrei	**gut**	**64**	vgl. Geol. u. Hyg. im Stellungskrieg, p. 274, Fig. 1
desgl.	9	1—1,4	wahrscheinlich Schlick, darunter Kies	auf dicht bewohntem Grundstück, viel benutzt; Abwässerung mangelhaft	**gut**	**66**	

gebohrter Abessinier	8,5	3,35	1 m Lehm, 0,4 „ Löß, 0,4 „ lehmiger Sand, 6,7 „ Kies und Sand	auf Ackerboden im Freien, unbenutzt	gut	19	
gerammter Abessinier	8,5	1,7	0,4 m Ackerboden, darunter Kies	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	gut	83	
gebohrter Abessinier	8,2	1,15	0,4 m Ackerboden, 1,9 „ Schlick, darunter Kies	desgl.	gut	87	
gerammter Abessinier	7,8	1,1	0,4 m Lehm, 1,7 „ Schlick, darunter Kies und Sand	desgl.	gut	53	
gebohrter Abessinier	7,5 [1]	3,2	0,5 m sandiger Schlick, darunter grober Kies mit etwas Sand	in dicht bewohntem Bauwerk, viel benutzt	gut	22	[1] nach anderer Angabe nur 6,5 m
desgl.	7,5 [1]	4	1 m Schlick, 0,5 „ kiesiger Sand, darunter grober Kies mit etwas Sand	desgl.	gut	32	[1] desgl.

Art des Brunnens	Tiefe des Filters in m	Tiefe des Wasserspiegels in m	Bodenart am Brunnen	Lage des Brunnens	Untersuchungsergebnis chemisch	Untersuchungsergebnis Keime in 1 ccm	Bemerkungen
gerammter Abessinier	7,4	1,05	0.4 m Waldboden, 0,4 „ Schlick, 1 „ Kies und Sand, 0,2 „ Schlick, darunter Kies	auf Waldboden nahe einem Mühlbach in unbewohntem Bauwerk, Brunnen unbenutzt	**gut**	**49**	
desgl.	7,15	0,95	wahrscheinlich Schlick und sandiger Kies	auf Wiesenboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	**gut**	**57**	
desgl.	7.15	1,9 schwankt stark	desgl.	auf Waldboden nahe einem sumpfigen Bach in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	1. gut	1018	Untersuchung am 25. 5. 1915, nach ungenügendem Abpumpen
					2. **gut**	**59**	Untersuchung am 16. 9. 1916, nach mehrstündigem Abpumpen
gebohrter Abessinier	7	2,1 schwankt um 0,9 m	Kies und Sand	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	**gut**	**21**	

gebohrter Abessinier	7	2,2 schwankt um 1 m	Kies und Sand	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	gut	42	
desgl.	7	1,4	wahrscheinlich Kies u. Sand	in dicht bewohntem Bauwerk, viel benutzt	1. gut	178	Untersuchung am 5. 4. 1916, nach ungenügendem Abpumpen
					2. gut	28	Untersuchung am 16. 9. 1916, nach 1 Jahr 5 Monate Gebrauch d. Brunnens
gerammter Abessinier	7	2,1	desgl.	auf Waldboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	gut	8	
desgl.	7	1,55	desgl.	desgl.	gut	10	
desgl.	6,85	1,75 schwankt stark	wahrscheinlich Schlick, Sand und Kies	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	gut	54	
desgl.	6,8	1,6 schwankt stark	Mutterboden, darunter Kies	auf Ackerboden nahe kleinem Fluß in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	gut	27	

Art des Brunnens	Tiefe des Filters in m	Tiefe des Wasserspiegels in m	Bodenart am Brunnen	Lage des Brunnens	Untersuchungsergebnis chemisch	Untersuchungsergebnis Keime in 1 ccm	Bemerkungen
gerammter Abessinier	6	2	Sand und feiner Kies	auf Ackerboden nahe einem Altwasser im Freien, unbenutzt	**gut**	**47**	
desgl.	6	2	Humus, darunter feiner Kies und Sand	auf Ackerboden im Freien, unbenutzt	**gut**	**16**	
desgl.	6	1,45	Kies	auf Ackerboden im Hochwassergebiet eines großen Stromes in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	**gut**	**10**	
desgl.	5,5	schwankt stark	1 m Sand, darunter Kies	auf Waldboden nahe großem Strom in dessen Hochwassergebiet im Freien, unbenutzt	**gut**	**16**	
desgl.	5	0,8 schwankt stark	1 m z. T. lehmiger Sand, darunter Kies	auf Ackerboden nahe Altwässern in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	Chlorgehalt etw. hoch (4,62)	98	
desgl.	5	2,35 schwankt stark	0,5 m Sand, darunter grober Kies und Sand	auf Ackerboden nahe Altwässern eines großen Stromes in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	**gut**	**30**	

gerammter Abessinier	5	1 5	1 m sandiger Lehm mit etwas Kies darunter Kies mit Sand	auf Ackerboden im Freien, unbenutzt	gut	45	
desgl.	5	2	Sand, darunter Kies mit Sand	auf Waldboden im Hochwassergebiet eines großen Stromes nahe unterhalb eines Altwassers im Freien, unbenutzt	gut	2	
desgl.	5	1,75	kleinkörniger Kies mit Sand	desgl.	gut	4	
desgl.	4,7	0,5	0,3 m Mutterboden, darunter Kies mit Sand	auf Ackerboden in unbewohnt. Bauwerk, unbenutzt	gut	10	
gebohrter Abessinier	4,3	0,2	humoser Lehm, darunter Sand	auf Waldboden im Freien, unbenutzt	beanstandet	163	
gerammter Abessinier	4,15	2 schwankt stark	Lehm und Sand	auf Wiesenboden nahe einem Fluß in dessen Überschwemmungsgebiet im Freien, unbenutzt	beanstandet	6	
desgl.	4	1,25 schwankt	sumpfiger Boden, darunter Sand u. wenig Kies	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, zunächst unbenutzt	1. gut	84	Untersuchung am 28. 11. 1914
				seit 11. 8. 16 viel benutzt. Bauwerk bewohnt. 32 m seitl.[1] v. Brunnen Abort mit zeitweise überlauf. Eimern	2. gut	33	desgl. am 21. 8. 1916

[1] im Sinne des Grundwasserstroms

Art des Brunnens	Tiefe des Filters in m	Tiefe des Wasserspiegels in m	Bodenart am Brunnen	Lage des Brunnens	Untersuchungsergebnis chemisch	Untersuchungsergebnis Keime in 1 ccm	Bemerkungen
gerammter Abessinier	4	2	Mutterboden, darunter feiner Kies u. Sand	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	gut	215	
desgl.	4	1 schwankt um 1 m	Humus, darunter feiner Kies u. Sand, dann gröberer Kies	auf Riedboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	**gut**	**33**	
desgl.	4	2	1,5 m Lehm mit wenig Kies, darunter Kies mit Sand	auf Ackerboden im Freien, unbenutzt	beanstandet	2	
desgl.	4	1,5 schwankt stark	1,5 m Lehm und Schlick, darunter Kies mit Sand	auf Wiesenboden im Freien, unbenutzt	beanstandet	0	
desgl.	4	0,85	0,2 m Mutterboden, darunter Kies und Sand	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	**gut**	8	
desgl.	3,6	1,5 u. weniger, schwankt stark	ca. 1 m Schlick und Sand, darunter Kies	auf Waldboden nahe großem Strom in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	gut	127	
desgl.	3,6	1,6	1 m Lehm mit Sand, darunter Kies und Sand	auf Ackerboden im Freien, unbenutzt	gut	750	

gerammter Abessinier	3,55	0,85	Schlick und Sand, darunter grober Kies	auf Waldboden nahe großem Strom in dessen Hochwassergebiet im Freien, unbenutzt	gut	315
desgl.	3,4	1,7 schwankt stark	Kies und feiner Sand	auf Waldboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	beanstandet	45
desgl.	3,4	1,25	feiner Kies mit Sand, darunter grober Kies	auf Waldboden nahe dem Altwasser eines großen Stromes in dessen Hochwassergebiet im Freien, unbenutzt	gut	10
desgl	3,2	1	Sand und Kies	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	gut	62
desgl.	3,1	0,9	verlehmter Kies mit Sand, darunter grober Kies mit Sand	auf Wald- u. Wiesenboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	gut	6
desgl.	3,1	0,9 schwankt stark	feiner Kies mit Sand, darunter grober Kies	auf Waldboden im Hochwassergebiet eines großen Stroms in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	beanstandet	850
desgl.	3	0,6 schwankt stark	Lehm mit Sand, darunter Kies und Sand	auf Waldboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	beanstandet	125

Art des Brunnens	Tiefe des Filters in m	Tiefe des Wasserspiegels in m	Bodenart am Brunnen	Lage des Brunnens	Untersuchungsergebnis chemisch	Untersuchungsergebnis Keime in 1 ccm	Bemerkungen
gerammter Abessinier	3	0.35	Lehm mit Sand, darunter Kies und Sand	auf Ackerboden im Freien, unbenutzt	**gut**	4	
desgl.	3	1,65 schwankt	sumpfiger Boden, darunter feiner Kies u. Sand	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	beanstandet	22	
desgl.	3	2,2 schwankt stark	0,5 m Sand, darunter Kies mit Sand	desgl.	beanstandet	18	
desgl.	3	2 schwankt um 0,6 m	Humus, darunter feiner Kies mit Sand	auf Ackerboden nahe einem Altwasser eines großen Stromes in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	**gut**	7	
desgl.	3	1,75 schwankt stark	Kies u. Sand, unten mittelgrob	desgl.	**gut**	86	
desgl.	3	0—0,6 schwankt stark	0,6 m Lehm, darunter Kies und Sand	auf Wiesenboden nahe unterhalb eines Dorfes in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	beanstandet	155	

gerammter Abessinier	2,75	1,3 schwankt	wahrscheinlich sandiger Schlick und Kies	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	gut	26	
desgl.	2,5	0—0,2	wahrscheinlich Schlick oder Lehm, darunter Kies	desgl.	beanstandet	430	
Schachtbrunnen mit Filtervorlage, Saug- und Druckpumpe	2,5	0,5 schwankt	0,5 m Lehm und Humus, 0,9 „ lehmiger Kies, 0,8 „ reiner sandiger Kies, 0,2 „ sandiger Schlick, 0,6 „ lehmiger Kies, darunter Mergel	in Schutzbezirk auf Wiesenboden nahe schiffbarem Kanal, viel benutzt	gut	75	vgl. Geol. u. Hyg. im Stellungskrieg, p. 304, Fig. 10
gerammter Abessinier	2,35	0,5	humoser Schlick, darunter wahrscheinlich Kies	auf Ackerboden nahe einem Fluß im Freien, unbenutzt	gut	70	
desgl.	2,3	0,35	desgl.	auf Ackerboden im Freien, unbenutzt	gut	14	
desgl.	2,3	0,6	Kies mit Torf und Schlick	auf moorigem Ackerboden im Freien, unbenutzt	gut	4	
desgl.	2,3	1,6	0,5 m humoser Boden, darunter Kies und Sand	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	gut	30	
desgl.	2,3	0,5	Schlick mit Sand, darunter Kies mit Sand	auf Waldboden im Freien, unbenutzt	beanstandet	0	

Art des Brunnens	Tiefe des Filters in m	Tiefe des Wasserspiegels in m	Bodenart am Brunnen	Lage des Brunnens	Untersuchungsergebnis chemisch	Untersuchungsergebnis Keime in 1 ccm	Bemerkungen
gerammter Abessinier	2,05	0,4	Kies mit etwas Schlick	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	**gut**	**2**	
desgl.	2	1,25	1,5 m Lehm mit etwas Kies, darunter Kies und Sand	desgl.	beanstandet	70	
desgl.	1,7	0,5	Schlick, darunter Kies mit Schlick	desgl.	**gut**	**4**	
desgl.	1,7	0,2	Kies mit Lehm	desgl.	beanstandet	188	
desgl.	1,7	0,3	Torf mit Schlick, darunter Sand und Kies	auf moorigem Riedboden im Freien, unbenutzt	beanstandet	6	
desgl.	1,6	0,05 bis 0,35	Schlick mit etwas sandigem Kies	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	beanstandet	11	
desgl.	1,1	0,1 bis 0,2	Schlick mit Kies	auf Wiesenboden in unbewohntem Bauwerk, unbenutzt	beanstandet	36	

stellt. Die Einzelangaben dieser Tabelle sind verschieden zu bewerten. Sie beruhen teils auf Mitteilungen von Technikern oder Arbeitern, denen z. B. eine genaue Feststellung der Bodenart (namentlich bei den gerammten Brunnen) nicht möglich war: die Filtertiefe und Wasserstände wurden größtenteils gemessen, einige aber wohl nur geschätzt[1], bei allen Wasserständen sind Schwankungen anzunehmen, auch wo nur eine Zahl gegeben wurde. Einen Teil der Bodenprofile konnte Dr. W. Wagner (Geologe) nach Bohrproben bearbeiten, die chemische und bakteriologische Untersuchung veranlaßte Dr. Feser (Hygieniker), die guten Werte sind fett gedruckt. Wie zu erwarten war, sind alle tiefen Brunnen chemisch[2] und bakteriologisch einwandfrei.

Von 7,15 m Tiefe an stellen sich vereinzelt Keimzahlen über 100 ein, es ist jedoch mit Sicherheit anzunehmen, daß sie bei den tieferen Brunnen auf ungenügendes Abpumpen[3] oder Eingießen von abgestandenem Wasser in die Pumpe vor Probeentnahme[4] zurückzuführen sind, wie auch die zweiten Untersuchungen solcher Brunnen zeigen. Auch der etwas hohe Chlorgehalt bei dem einen 5 m tiefen Brunnen dürfte ähnliche Ursachen haben. Erst von 4,3 m Filtertiefe ab ist das Wasser häufiger entweder chemisch zu beanstanden (wegen Gehalts an Ammoniak oder Chlor, Salpetersäure, salpetriger Säure oder hohen Permanganatverbrauchs), oder es hat über 100 Keime in 1 ccm, bezw. beides. Auffallend sind aber immerhin die vielen guten Untersuchungsergebnisse bis zu der geringen Filtertiefe von 1,7 m herab. Worauf das beruht, kann einstweilen nicht festgestellt werden; ich habe der Tabelle Angaben beigefügt, die möglicherweise zur Aufklärung beitragen, lasse aber dahingestellt, ob die meist einsame Lage der Brunnen auf nahezu unbetretenem Gelände eine oder die Hauptursache ist. Ungeklärt ist auch der unvermittelte Wechsel guter und schlechter chemischer und bakteriologischer Werte bei sonst gleichen oder nahezu gleichen örtlichen Verhältnissen. Es muß ferner damit gerechnet werden, daß bei Ausschaltung aller Fehlerquellen (wozu namentlich ungenügendes Abpumpen oder Eingießen von Tagewasser in die Pumpe gehört) die Untersuchungsergebnisse noch besser werden können. Trotz-

[1] Nachprüfung ist nur bei einzelnen erfolgt, meist war sie nicht angängig.
[2] Von Eisengehalt des Wassers wird hierbei abgesehen.
[3] Vgl. Geologie und Hygiene im Stellungskrieg. p. 326 f.
[4] Vgl. diese Abhandl. p. 35.

dem möchte ich mich insoweit den Folgerungen von Prof. Dr. JAEGER anschließen, daß erst von größerer Tiefe an mit Sicherheit auf ein durch natürliche Bodenfiltration genügend gereinigtes keimfreies Grundwasser zu rechnen ist. Die Tabelle (p. 16—26) läßt vorläufig 5 m als die geringste zulässige Filtertiefe in diesen durchlässigen Flußablagerungen mit hohem Grundwasserstand und schwacher oder fehlender kaum durchlässiger Deckschicht erkennen, einwandfreie technische Anlage des Brunnens und der Abwässerung vorausgesetzt. Besteht jedoch die Möglichkeit einer Verunreinigung durch Abortwässer u. dgl. so wird man besser 7—8 m und größere Filtertiefen anordnen, namentlich wo Menschenansammlungen wie z. B. im Stellungskrieg vorkommen können, oder in Truppenlagern u. dgl. Lassen das aber die Bodenverhältnisse nicht zu[1], so muß unbedingt für einen Schutzbezirk um die Wasserfassung gesorgt werden. Es kann auch notwendig sein, an solchen Stellen das Grundwasser künstlich gegen Eindringen von Tagewasser in der näheren Umgebung der Fassung zu schützen, indem man die Geländeoberfläche dort sorgfältig abwässert und in möglichst weitem Umkreis durch dicken Lehmschlag, Ton, fetten Mergel, besser Beton, abdichtet, Pflanzen- und Baumwuchs beseitigt, da die Wurzeln das Eindringen von Keimen in den Boden begünstigen (vgl. p. 9 betr. Wurzeln und p. 49 ff. betr. Schutzbezirk).

Zur weiteren Klarstellung habe ich in Tabelle p. 29—31 (unten) die Untersuchungsergebnisse von nahe benachbarten Brunnen zusammengestellt, deren Mehrzahl durch erheblich ungünstigere Lage einer Verseuchung leichter ausgesetzt war. Dort sind nach geologischen Untersuchungen von Dr. ARLT (zusammengestellt von Prof. Dr. Frhr. STROMER v. REICHENBACH) die wasserführenden Kiese und Sande von etwas mächtigeren Schlicken und Lößlehm überlagert, vgl. Fig. 3—5. 1914 wurden um ein Dorf herum mehrere teils gebohrte, teils gerammte Abessinierbrunnen angelegt, im Sinne des Grundwasserstroms z. T. oberhalb, teils neben und unterhalb vom Dorf. Ihre einmalige Untersuchung ergab im Frühjahr 1915:

[1] Vgl. Geologie und Hygiene. p. 304 Fig. 10.

Lfd. No.	Tiefe [1] der Filterspitze in m	Tiefe [1] des Wasserspiegels in m	Bodenart beim Brunnen von Geländeoberfläche ab	Lage des Brunnens	Prüfungsergebnis chemisch	Prüfungsergebnis Keime in 1 ccm
1	9,2	2,2	2 m Lehm 1,9 „ Schlick 2 „ Sand 1,9 „ Schlick darunter Sand und Kies	auf Ackerboden im Freien mehrere 100 m seitlich oberhalb vom Dorf, unbenutzt	**gut**	**16**
2	8,75	0,9	4,25 m Lößlehm und Schlick 1 „ Sand 3 „ Schlick darunter Kies	auf Ackerboden in unbenutztem Bauwerk mehrere 100 m seitlich oberhalb vom Dorf, unbenutzt	**gut**	**29**
3	8,1	1,6	2 m Lehm 2,1 „ Lößschlick 1,4 „ sandiger Schlick 2,2 „ schlammiger Sand darunter Kies und Sand	auf Ackerboden im Freien etwa 100 m seitlich oberhalb vom Dorfrand, unbenutzt	beanstandet	120
4	6,3	1,85	2,1 m sandiger Lößlehm 0,9 „ Lößschlick 0,2 „ sandiger Lehm 2 „ dunkler Schlick 2,1 „ Sand und Kies darunter Kies	auf Ackerboden im Freien nahe oberhalb vom Dorfrand, unbenutzt	**gut**	**38**

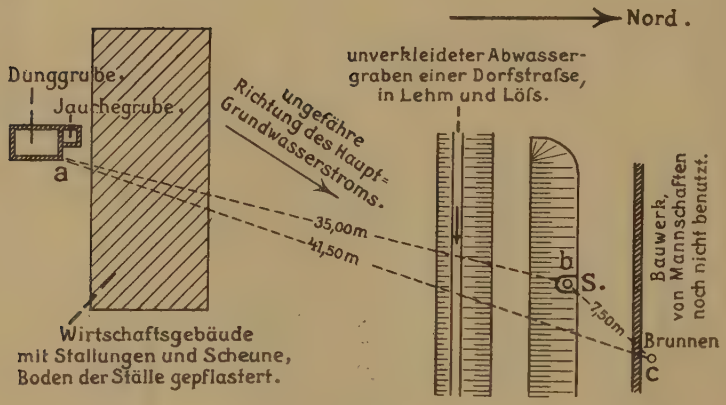
[1] Die Ansatzpunkte der Brunnen liegen z. T. mehrere Meter unter Geländeoberfläche, von diesen Ansatzpunkten ab sind die Tiefen der Filterspitzen und der Wasserspiegel gemessen.

Lfd. No.	Tiefe[1] der Filterspitze in m	Tiefe[1] des Wasserspiegels in m	Bodenart beim Brunnen von Geländeoberfläche ab	Lage des Brunnens	Prüfungsergebnis chemisch	Prüfungsergebnis Keime in 1 ccm
5	4,8	0,6	5,2 m Lößlehm 2,4 „ Schlick darunter Kies	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk nahe seitlich oberhalb vom Dorf, unbenutzt	**gut**	**22**
6	5,5	0,95—1,55	wahrscheinlich Lößlehm und Schlick, darunter Kies	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk mehrere 100 m unterhalb vom nächsten Dorf, unbenutzt	beanstandet	10
7	5,8	1	1,8 m Lehm 1,8 „ Lößschlick 1,8 „ schwarzgrauer Schlick 0,4 „ sandiger Schlick darunter Kies und Sand	auf Ackerboden im Freien nahe unterhalb vom Dorfkirchhof	beanstandet	130
8	5,6	1	1,5 m Lehm 2 „ Lößschlick 1 „ grauschwarzer Schlick darunter Kies und Sand	auf Ackerboden im Freien nahe unterhalb vom Dorfrand, unbenutzt	beanstandet	23
9	5,5	0,1	0,5 m Lehm 1,5 „ Lößschlick 2,5 „ grauschwarzer Schlick darunter Kies und Sand	auf Gartengelände im Freien am untern Dorfrand, unbenutzt	**gut**	**26**

10	5,15	0—0,1	4 m Lößlehm und Schlick 1,8 „ sandiger Schlick darunter Kies	auf Gartengelände in unbewohntem Bauwerk im untern Dorfrand, unbenutzt (Fig. 3)	beanstandet	28
11	4,95	0—0,1	2 m Lößlehm 1,6 „ Lößschlick 2,4 „ Schlick darunter Kies	desgl. (Fig. 4)	gut	7
12	4,9	0,15—0,9	3,8 m Lößlehm und Schlick 3 „ sandiger Schlick darunter Kies	auf Ackerboden in unbewohntem Bauwerk nahe unterhalb vom Kirchhof im Dorfrand (Fig. 5)	beanstandet	146
13	3,2	0,5	2 m Lehm 3,4 „ Schlick 0,5 „ dunkler Schlammsand darunter Kies und Sand	auf Ackerboden im Freien nahe unterhalb vom Dorfrand, unbenutzt	beanstandet	480
14	3,2	2,6	1,1 m Torf mit Schlick 1,3 „ grauschwarzer Schlick darunter Kies und Sand	auf moorigem Ackerboden im Freien dicht unterhalb vom Dorfrand, unbenutzt	beanstandet	34

[1] Die Ansatzpunkte der Brunnen liegen z. T. mehrere Meter unter Geländeoberfläche; von diesen Ansatzpunkten ab sind die Tiefen der Filterspitzen und der Wasserspiegel gemessen.

Lageskizze.



S.= Sickerschacht für Brunnenabwasser und Regenwasser.

Längsschnitt a,b,c.

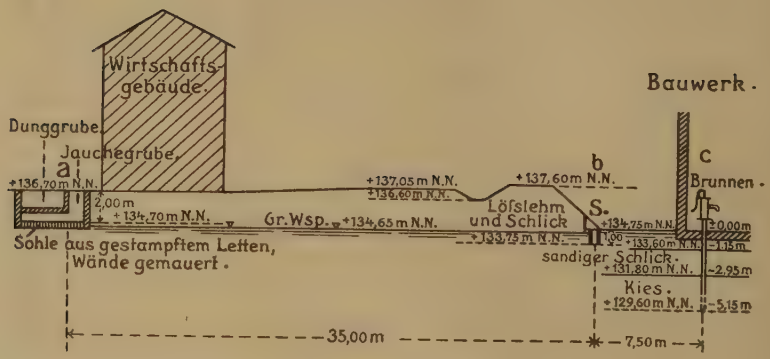
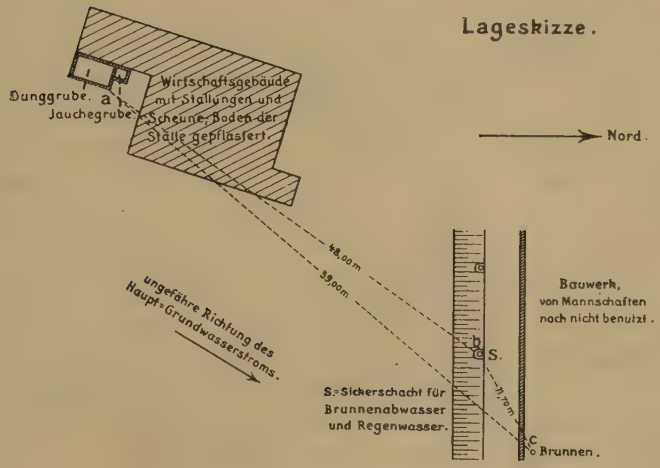


Fig. 3. „Dorfbrunnen", No. 10.



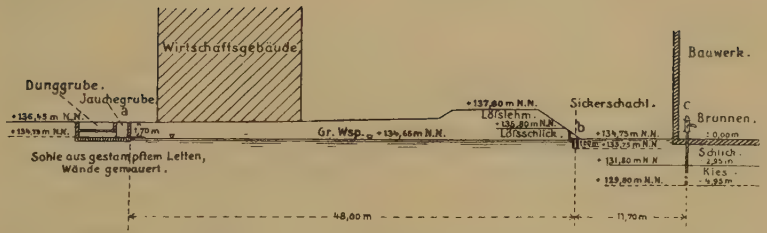
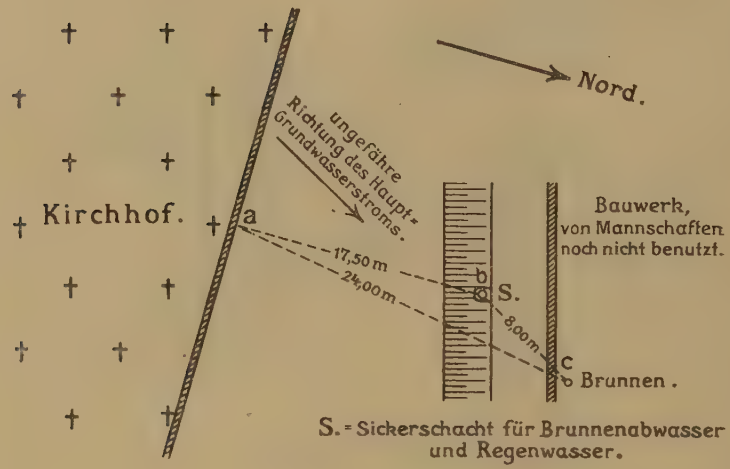


Fig. 4. „Dorfbrunnen“, No. 11.

Diese einmaligen Untersuchungsergebnisse ließen nur wenig Gesetzmäßigkeit erkennen. Es schien zwar, als ob die oberhalb sowie seitlich vom Dorf gelegenen Brunnen in der Mehrzahl gutes Wasser lieferten, die unterhalb gelegenen meist schlechtes. Die chemische Untersuchung ergab teils etwas hohen Chlorgehalt (bis 4,62), teils Salpetersäure, salpetrige Säure bezw. Ammoniak, trotzdem die verhältnismäßig mächtigen und wenig bis nicht durchlässigen Deckschichten (Lehm, Schlick, Schlammsand) ein gutes chemisches und bakteriologisches Ergebnis erwarten ließen,

Lageskizze.



Längsschnitt a,b,c.

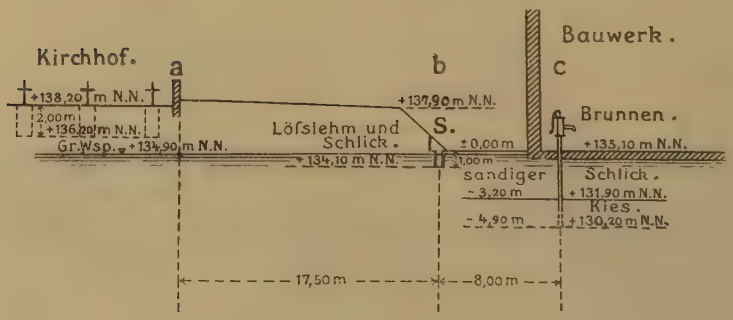


Fig. 5. „Kirchhofbrunnen", No. 12.

wenigstens von etwa 5 m Tiefe der Filterspitze ab. Zweifellos waren die ungünstigen Ergebnisse z. T. auf technische Fehler des Brunnenbauunternehmers zurückzuführen, z. B. auf mangelhafte oder fehlende Abdichtung neben dem oberen, mit Vorbohrung versenkten Teil des Saugrohres mehrerer Abessinier[1]. Inwieweit das die Untersuchung beeinflußte, ließ sich nachträglich nicht mehr feststellen.

Zur Aufklärung veranlaßte ich mehrmalige Untersuchung der 3 am ungünstigsten gelegenen, aber technisch einwandfreien Brunnen (lfde. No. 10—12 der Tabelle p. 31) im unteren Dorfrand, vgl. Fig. 3—5. Nunmehr ergab sich (vgl. Tabelle p. 36).

Bei der zweiten Untersuchung am 23. 8. 1916 zeigte sich folgende Fehlerquelle: Die hohe Keimzahl kam sicher vom Eingießen von Tagewasser in die Pumpe vor Inbetriebsetzen derselben, weil die Wassersäule im Saugrohr abgefallen war und der Pumpenkolben nicht genügend dicht ansog. Es wurde daher zum Eingießen beim Abpumpen vor der dritten Untersuchung am 5. 9. 16 peinlich sauberes frisches Wasser in gut gespülten Gießkannen zum Einfüllen in die Pumpe bei ihrem Anlassen bereitgestellt und durch ununterbrochenes Pumpen mit Ablösung verhindert, daß das Wasser im Saugrohr vor der Probeentnahme abfiel. Dementsprechend war das Untersuchungsergebnis besser, zwei der Brunnen wurden chemisch und bakteriologisch einwandfrei befunden, beim dritten (lfde. No. 10) blieb jedoch zum mindesten fraglich, ob das beharrliche Auftreten von Ammoniak durch verunreinigende Zuflüsse aus der oberhalb gelegenen Dung- und Jauchegrube und dem Abwassergraben (Fig. 3) zustande kommt. In Verbindung mit dem verhältnismäßig hohen Chlorgehalt und Permanganatverbrauch könnte gleichfalls hierauf geschlossen werden. Der nahe unterhalb vom Kirchhof liegende Brunnen (lfde. No. 12, Fig. 5) ergab zwar ähnlichen Chlorgehalt und Permanganatverbrauch, liefert aber vorläufig einwandfreies Wasser und bestätigt damit die auch anderwärts mehrfach festgestellte Tatsache, daß Gräber mindestens $\frac{1}{2}$ m (hier etwa 1,3 m) über dem Grundwasserspiegel in dichten, unzerklüfteten Bodenarten (hier Lößlehm und Schlick) das Grundwasser der weiteren Umgebung nicht ver-

[1] Vgl. Geologie und Hygiene. p. 274—276.

Lfd. No.	Tag der Untersuchung	Ammoniak	Chlor	Salpeter-säure	Salpetrige Säure	Kalium-permanganat-verbrauch	Chemisches Gesamturteil[1]	Keime in 1 ccm	Schlußurteil
10 (Fig. 3)	15. 4. 1915	sehr reichlich	2,84	0	0	0,47	beanstandet	28	
	23. 8. 1916	vorhanden. Zulässige Grenze nach KSO überschritten	0.39	0	0	0,63	beanstandet	237	
	5. 9. 1916	Grenze überschritten, 1 mg im Liter	3.2	0	0	0,96	beanstandet	16	fraglich
11 (Fig. 4)	15. 4. 1915	0	1,78	fast 0	0	0,28	gut	7	
	5. 9. 1916	0	1,6	0	0	0,47	gut	86	einwandfrei
12 (Fig. 5)	15. 4. 1915	vorhanden	2,67	0	0	0,72	beanstandet	146	
	23. 8. 1916	Spuren	0,39	0	0	0,58	gut	127	
	5. 9. 1916	0	3,2	0	0	0,80	gut	12	einwandfrei

[1] Vom Eisengehalt des Wassers wird hierbei abgesehen.

seuchen[1]. Es wurde noch erwogen, durch Kochsalz- oder Fluorescein-Infiltration weitere Aufklärung zu schaffen, ob die Jauchegruben tatsächlich die Brunnen gefährden. Wegen der dunklen Jauchefarbe macht sich eine Färbung mit Fluorescein aber möglicherweise nicht weit bemerkbar. Selbst wenn jedoch dieses oder Kochsalz im Brunnenwasser nachzuweisen wäre, so wäre hierdurch nur die Verbindung der Jauche mit den Brunnen erwiesen, nicht aber, ob der Filtrationseffekt des Bodens die schädlichen Bestandteile bereits beseitigt hätte. Nur aus der Schnelligkeit ließe sich mittelbar ein ziemlich unsicherer Schluß ziehen, ob Verunreinigung des Brunnens (No. 10) von der Jauchegrube her stattfindet. Von Infiltrationsproben wurde daher abgesehen.

Bei dem „Kirchhof-Brünnen" (lfde. No. 12) beträgt die filtrierende Tiefe von der nächsten Grabsohle bis zu den Löchern der Filterspitze 5—6 m, die kürzeste wagerechte Entfernung etwa 27 m. Bei den beiden anderen „Dorfbrunnen" (lfde. No. 10—11) beträgt die entsprechende Tiefe von der nächsten Jauchegrube ab rund 4—5 m, der 59 m unterhalb der Jauchegrube gelegene Brunnen (No. 11) liefert einwandfreies Wasser, der 41,5 m entfernte (No. 10) ist zum mindesten fraglich. Damit scheint also die äußerste Grenze des Filtrationseffekts erreicht zu sein, weniger als 5—6 m Filtertiefe wird man bei Wasserentnahme aus derartigen Kiesen und Grobsanden mit hohem Grundwasserstand auch bei Vorhandensein dickerer, kaum durchlässiger Deckschichten (Schlick, Lehm o. dgl.) nicht zugeben dürfen. Andererseits kann nach den ergänzenden Untersuchungen bei den Brunnen lfde. No. 10—12 angenommen werden, daß auch die anderen mehr als 5 m tiefen Abessinier (lfde. No. 3, 6, 7, 8) bei nochmaliger Untersuchung nach kräftigem Abpumpen einwandfreies Wasser geliefert hätten, sofern sie technisch richtig angelegt, oben am Saugrohr gut abgedichtet waren und vor der Probeentnahme Eingießen abgestandenen Tagewassers sowie ein Abfallen der Wasser-

[1] Salomon, Wassergewinnung und Wasserverwendung im Felde. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1916. p. 397; — Über einige im Kriege wichtige Wasserverhältnisse des Bodens und der Gesteine. München-Berlin 1916. p. 14—16 (weitere Literatur dort); — Kriegssanitätsordnung. Ziff. 244. — K. H. Kutscher, Leichenbestattung. Im Lehrb. Militärhygiene. 1910. p. 431, 435 f.

säule im Saugrohr verhindert worden wäre. Gesetzmäßige Beziehungen zwischen der Lage ober-, unterhalb oder neben dem Dorf sind dann aber nicht mehr zu erkennen, nur erscheinen die dem Dorfe zunächst gelegenen Brunnen um so mehr gefährdet, je näher sie Jauchegruben liegen (lfde. No. 10, Fig. 3), was zu erwarten war.

Weitere Ergebnisse liegen mir aus einem Lößgebiet vor: Ein 7 m tiefer, bisweilen benutzter betonierter Schachtbrunnen auf Ackerboden ganz im Löß, dessen Sohle auf Lehm und dessen Wasserspiegel durchschnittlich 2,8 m unter Tag steht, hatte bei einmaliger chemischer und bakteriologischer Untersuchung nach einstündigem Abpumpen Spuren von Ammoniak- und Salpetersäure und 34 Keime (3 Arten der üblichen Wasserkeime, auf Gelatine) in 1 ccm; ein anderer 8 m tiefer, unbenutzter betonierter Schachtbrunnen auf Ackerboden im Löß und tertiären Mergel, der sein Wasser von der Grenzfläche der Mergel zum Löß bezieht und dessen Spiegel durchschnittlich 3,8 m unter Tag steht, hatte nach zweistündigem Abpumpen Spuren von Salpetersäure und 98 Keime (10 Arten). Beide wurden ärztlicherseits als brauchbar befunden. Überdeckung des Wasserspiegels von etwa 3 m scheint also bei Löß zu genügen, wenn seine Lagerung nicht künstlich gestört wird (vgl. p. 12).

Die jetzt gewonnenen Erfahrungen lassen sich natürlich auf andere Bodenarten und Grundwasserstände nicht ohne weiteres übertragen und konnten ebensowenig wie die starke Durchwühlung des Bodens in mehrjährigem Stellungskrieg von der bisherigen Literatur über Tiefen und Wasserfassungen berücksichtigt werden. Lueger z. B.[1] glaubte, daß in einer Tiefe von 2,5—3 m unter Bodenoberfläche nur noch abgeklärte Infiltrationen den Untergrund erreichen, wenn der oberste Meter „aus zwar poröser, aber satt gefügter Erde (Humus, Sand, Gerölle) ohne Spalten und Risse besteht". Nach den letzten Untersuchungsergebnissen genügt dies für Sand und Gerölle nicht, es muß dann im allgemeinen mindestens etwa 5 m Tiefe verlangt werden. Aus dem gleichen Grunde ist es in der Regel jetzt nicht mehr zutreffend, wenn man bei Bohr- und Schlagbrunnen, die 3—4 m in den Boden hineingehen, das Wasser für ausreichend

[1] Wasserversorgung der Städte. 1890. p. 387.

geschützt hielt [1]. Auch da wird man nur noch bei besonders dichten und dicken ungestörten Deckschichten bezw. bei gutem Schutz des Entnahmegebiets gegen Verunreinigung weniger als 5 m Tiefe zulassen. Ebensowenig darf ohne genaue Vorkenntnis der Bodenverhältnisse allgemein eine Mindesttiefe von 3, 4, 5 oder 6 m für Quellfassungen oder Brunnen verlangt oder Grundwasser aus solchen Tiefen für keimfrei gehalten werden [2], und eine Abdichtung nur der obersten 2 m von Brunnenschächten [3] oder -bohrungen genügt bisweilen nicht mehr.

Auch dabei ist eben der geologische Befund ausschlaggebend. Praktisch besser ist schon die Forderung, bei Quellen „mit der Fassung bis an den gewachsenen Fels heranzugehen, gleichgültig, ob der Fels in der Tiefe oder seitwärts, am Hang des Tales zu suchen ist" [4]. Die Kosten und die Mehrarbeit halten im allgemeinen schon davon ab, mit dem Schurf zu tief ins Gebirge hinein zu gehen und den entgegengesetzten Fehler hervorzurufen: daß durch zu weite Rückwärtsverlegung des Quellenausflusses eine Verringerung der Schüttung eintritt [5].

Der Geologe muß sich auf Grund seiner Aufnahmen und örtlichen Untersuchungen ein Bild zu machen suchen, wie groß der Filtrationseffekt des Bodens am Punkt der Quellfassung sein könnte. Er wird bedenken, daß unter dichtem tonigem Boden ohne Klüfte oder Risse schon in verhältnismäßig geringer Tiefe keimfreies Wasser sein kann, und daß er solches in um so größeren Tiefen suchen muß, je grobkörniger oder durchwühlter der Boden ist. Er wird ferner berücksichtigen, daß z. B. bei Überlaufquellen

[1] Gaertner, Hygiene des Wassers. 1915. p. 424 (vgl. dagegen p. 438 f.). Polizeiverordnung des Regierungsbezirks Schleswig vom 27. 12. 1906, Amtsblatt p. 16, Brunnenordnung § 9, abgedruckt bei Gaertner a. a. O. p. 656. — Hetsch, im Lehrb. der Militärhygiene. p. 259. — Brunnenordnung für Unterelsaß, 1905, Ziff. 1, abgedruckt in Mitt. Geol. Landesanst. Els.-Lothr. **10**. 1. 1916. p. 42.

[2] Salomon, in Abel's Handb. d. prakt. Hygiene. 1913. p. 183. — Loesener, Die Trinkwasserversorgung der Truppe. 1909. p. 35 f. — Brunnenordnung für Unterelsaß, Ziff. 7. — Spitta, in Wasser und Abwasser. 1911. p. 64.

[3] Baupolizeiordnung des Regierungsbezirks Stade. § 20, Ziff. 5, abgedruckt bei Opitz, Brunnenhygiene. 1910. p. 71. — Salomon, Über einige im Kriege wichtige Wasserverhältnisse etc. 1916. p. 49.

[4] Gaertner, Klinisches Jahrbuch. 1902. p. 493.

[5] Lueger-Weyrauch, Wasserversorgung der Städte. I. 1914. p. 682; — vgl. Geologie und Hygiene. p. 345.

aus deren tieferem stehenden Wasser manchmal keimfreies Wasser erbohrt werden kann, auch wenn ihr oberes fließendes Wasser hygienisch unbrauchbar ist[1]. Andererseits können artesische Quellen auch bei sehr tiefer Fassung mit Keimen und größeren Lebewesen beladen oder verseucht sein, namentlich wo solche nahebei als Saugbrunnen zur Entfernung von Abwässern benutzt werden[2] oder mit Fischteichen in unmittelbarer Verbindung stehen. Unter Abwägung aller Umstände wird dann der Geologe in jedem Einzelfall möglichst bestimmten Rat zu erteilen haben, bis zu welcher Tiefe mit der Wasserfassung bei Brunnen oder Quellen hinabzugehen ist, immer aber wird er chemische und bakteriologische Nachprüfung verlangen müssen. Dies ist um so mehr erforderlich, als nach Vorstehendem bis jetzt erst sehr wenige sichere Tiefenzahlen feststehen, die man bei bestimmten Bodenarten und Grundwasserverhältnissen für Wasserfassungen anraten kann. Im übrigen ist die Wahl der Tiefen für Wasserfassungen vorläufig noch mehr oder weniger Gefühlssache; der vorsichtige Geologe wird größere Tiefen vorziehen, aber auch auf die Kosten und die vermehrten Arbeiten der Bauausführung Rücksicht nehmen.

Die Verwendung von Trink- und Hausgebrauchswasser aus stark zerklüfteten Bodenarten darf nur mit besonderen Vorsichtsmaßregeln gestattet werden, wenn die Gefahr einer Verseuchung der Zuflüsse anzunehmen ist[3]. Namentlich geschichtete Kalksteine leiten die Oberflächenwässer als Grund- und Quellwasser oft viele Kilometer weit ohne jede Filtration[3], und selbst die sonst so zuver-

[1] Gaertner, a. a. O. 1902. p. 365 f., 493.

[2] Daubrée, Les eaux souterraines. I. 1887. p. 100. — Gaertner, a. a. O. 1902. p. 366. — Hoefer, Grundwasser und Quellen. 1912. p. 102. — Gosselet, Etudes des gîtes minéraux de France. II. Lille 1905. p. 89.

[3] Vgl. Geologie und Hygiene im Stellungskrieg. p. 328. — Alb. Heim, Die Quellen. 1885. p. 10. 13 f. — Daubrée, Les eaux souterraines. 1887. — Gaertner, a. a. O. 1902. p. 369. 394. 403 f., 406 ff., 416. 477. 490 f.; Hygiene des Wassers. 1915. p. 270. 314. 333. 428. 437; Leitfaden der Hygiene. 1905. p. 77. — O. Lueger, a. a. O. 1890. p. 201. 241. 259. 283 f. — Hoefer, Grundwasser und Quellen. 1912. p. 122. 130. — Reuter, Bayrisches Juragebiet und geologische Grundlagen seiner Wasserversorgung. 1916. p. 34. — Salomon,

lässigen Temperaturmessungen (vgl. Geologie u. Hyg. p. 331 unten u. Anm. 1) können in derartigen Gebieten als Prüfstein versagen, wenn die Tagewässer auf langen und breiten unterirdischen Wegen die mittlere Jahreslufttemperatur ohne Reinigung durch Filtration angenommen haben. Verseuchung solcher Wasservorräte ist schon unter gewöhnlichen Friedensverhältnissen vielfach nachgewiesen[1], sie kann bei Massenansammlungen im Krieg noch leichter vorkommen, wenn nicht von vornherein mit aller Schärfe entgegengewirkt wird. Eine heute noch einwandfreie Wasserentnahmestelle versagt dann vielleicht schon morgen bei chemischer und bakteriologischer Prüfung. Wo der Geologe weite Zwischenräume ohne Filtrationsvermögen im Grundwasserträger nachgewiesen hat — besonders verdächtig sind in dieser Beziehung Quelltöpfe mit und ohne makroskopisch erkennbarem Tierleben, Flußversickerungen, Höhlen, Erdfälle, Erdspalten, plattige oder kreidige Kalke, dickbankige oder plattige Dolomite, Schreibkreide —, wird er zur äußersten Vorsicht raten. Jauche-, Dung-, Abort-, Abfallgruben sollten dort ebenso wie Gräber nur an Stellen angelegt werden, wo starke lehmige, tonige oder mergelige Deckschichten eine genügende Filtration der durchsickernden nassen Bestandteile oder der Tagewässer gewährleisten, also z. B. möglichst nicht in Steinbrüchen, Erdfällen, Spalten o. dgl. Nötigenfalls müssen die Gruben (z. B. durch Lehmschlag) abgedichtet werden. Selbst Düngung von Feldern erscheint dann nicht überall zulässig[2]. Da der Nachweis unterirdischer Verbindungen[3] in regellos verschlungenen Klüften und Spalten häufig schwierig, manchmal unmöglich

Über einige im Kriege wichtige Wasserverhältnisse usw. 1916. p. 19 ff., 26 f. — Wasserversorgung der Ortschaften im Juragebiet zwischen Delsberg, Saigneléguier, Tavannes und Scheltenpaß, geologisch untersucht von P. Christ, W. Grenouillet, T. Keller und K. Weckerle unter Leitung von A. Buxtorf. Mai 1915; — Wasserversorgung der Ortschaften im Bezirk Pruntrut, geologisch untersucht von A. Buxtorf mit Benutzung eines Berichts von F. Koby. Dezember 1914 und April, Mai 1915, herausg. vom Chefarzt der 4. schweizerischen Division, Oberstleutnant v. d. Mühll.

[1] Vgl. die in vorstehender Anmerkung aufgeführte Literatur namentlich Gaertner, a. a. O.

[2] Vgl. Gaertner, a. a. O. 1915. p. 223, 432 ff., 631.

[3] Vgl. diese Abhandl. p. 12.

ist, müssen gefährdete Wasserentnahmestellen unter dauernde chemische und bakteriologische Aufsicht gestellt werden.

Gefährdet, wenn auch nicht so stark wie viele Kalkgesteine, erscheinen wegen der Klüftung nach GAERTNER[1] auch kalkhaltige Tonschiefer; in Sandsteinklüften bilden sich dagegen oft Sandlagen mit guter Filtration. Im Granit und Gneis folgt das an der Oberfläche aufgenommene Wasser nach VAN WERVEKE[2] den Klüften (bezw. Schichtfugen) in die Tiefe, erfüllt ungefähr in Höhe der Talsohlen als Grundwasser alle vorhandenen Klüfte und Hohlräume oder dringt oberhalb am Gehänge unter Quellbildung zutage. Nach GAERTNER[1] werden diese Spalten durch Verwitterungsprodukte und eingeschwemmtes Material teilweise verlegt und bekommen so filtrierende Schichten von einiger Leistungsfähigkeit: man wird jedoch gut tun, namentlich stark sprudelnde Quellen in Granit- oder Gneisgebieten unter chemische und bakteriologische Aufsicht zu nehmen. Auch Wasser aus Schutthalden mit vielverzweigten, teilweise mit Schutt angefüllten Kanälen und Poren vermag nachgewiesenermaßen Krankheiten zu vermitteln[3].

In dieser Beziehung darf zwischen Grund- und Quellwasser kein Unterschied gemacht werden: Wo überhaupt durch offene Zwischenräume im Gestein keine Filtration eindringender Tagewässer stattfindet, ist Grundwasser ebenso gefährdet wie Quellwasser; der Geologe kommt daher in mißliche Lage, wenn er dies festgestellt hat und Tiefen angeben soll, aus denen keimfreies Wasser gewonnen werden kann. Läßt sich die Wasserentnahme aus solchem Boden vermeiden, etwa indem man ihn wasserdicht durchbohrt und ein tieferes Stockwerk erschließt, so wird er das anraten. Verlangt aber die taktische Lage usw. eine Ausnutzung der gefährdeten Wasservorräte, so müssen sie durch Verhinderung jeder Verunreinigung geschützt und dann noch dauernd chemisch wie bakteriologisch beaufsichtigt werden. Solche Grundwässer wird man dann nicht in ihrer Oberfläche, sondern möglichst tief fassen, in der noch nicht sicher erwiesenen Annahme, daß unfiltrierte Tagewässer zunächst auf die Grundwasseroberfläche

[1] GAERTNER, a. a. O. 1902. p. 404.

[2] VAN WERVEKE, Ergebnisse der geologischen Forschungen in Elsaß-Lothringen und ihre Verwendung zu Kriegszwecken. Schriften Wiss. Ges. Straßburg. 28. 1916. p. 16 f., Zeichnung 5 u. 6.

[3] GAERTNER, a. a. O. p. 458.

gelangen und die tieferen Teile reiner sein können; jedoch bedarf auch dies in jedem Einzelfall der hygienischen Nachprüfung.

Die Frage der Schutzbezirke (Schutzfelder, Schutzrayons) für Wasserfassungen hängt weniger vom Filtrationseffekt in senkrechter wie in wagrechter Richtung ab. Die Untersuchung des „Kirchhofbrunnens" und der beiden „Dorfbrunnen" (p. 31 ff.) zeigt aber, daß beide Komponenten des Filtrationseffekts dabei berücksichtigt werden müssen: Beim „Kirchhofbrunnen" liegen die Sohlen der Gräber, die den Brunnen hätten verseuchen können, 5—6 m über den Filterlöchern, etwa 1,3 m über dem obersten Grundwasserspiegel, 27 m oberhalb vom Brunnen, dieser liefert einwandfreies Wasser. Bei den beiden „Dorfbrunnen" liegen die Sohlen der Jauchegruben, von denen die Verseuchung ausgehen könnte, unmittelbar über dem Grundwasserspiegel, 4—5 m über den Filterlöchern; der 59 m unterhalb von der Jauchegrube gelegene Brunnen liefert einwandfreies Wasser, der nur 41,5 m unterhalb gelegene ist hygienisch fraglich. Damit scheint also auch in wagerechter Richtung die äußerste Grenze des Filtrationseffektes erreicht zu sein, weniger als etwa 50 m Entfernung zwischen einer oberhalb[1] gelegenen Abwasser-, Abort-, Jauchegrube o. dgl. und einer Wasserentnahmestelle in derartigen stark durchlässigen Kiesen, Grobsanden usw. mit hohem Grundwasserstand wird man auch bei Vorhandensein dickerer, kaum durchlässiger Deckschichten (Schlicke, Lehm o. dgl.) nicht zugeben dürfen; bei Kirchhöfen können geringere Entfernungen zulässig sein, wenn die Gräber mindestens $\frac{1}{2}$ m über dem höchsten Grundwasserspiegel in dichten, unzerklüfteten Bodenarten liegen; da sich das aber manchmal schwer erweisen läßt, rät der Geologe am besten auch hierbei zur Vorsicht und schlägt größere Abstände bezw. Tiefen vor.

Zu ähnlichen Ergebnissen war Kabrhel[2] gekommen: In einer Ortschaft auf diluvialem, rein sandigem Boden, frei von Tonbestandteilen (die Korngröße des Sandes wird leider nicht ge-

[1] im Sinne des Grundwasserstroms.

[2] Kabrhel, Studien über den Filtrationseffekt der Grundwässer. Archiv für Hygiene. 1908. **64**. p. 309—312; 1909. **68**. p. 221 ff.

nannt), liegt das Grundwasser durchschnittlich kaum 2 m, stellenweise weniger als 1 m unter der Geländeoberfläche, es bewegt sich mit durchschnittlich 1,13 m täglicher Geschwindigkeit. Ein Hofbrunnen nahe einem Stalle und nahe von „Orten, aus welchen der flüssige Inhalt in die Bodenschichten eindrang, ... wies bereits bei bloßer Besichtigung untrügliche Spuren der verhängnisvollen Nachbarschaft auf", der Boden läßt also Jauche, Abort- und Stallwässer leicht in das Grundwasser durchsickern. 50 m unterhalb[1] vom nächsten Hause dieses Dorfes entnahm Kabrhel Bodenproben, die oberflächlich sehr hohe Keimzahlen zeigten, in 1,4 m Tiefe aber nur noch 180, bei 2,46 m Tiefe im Bereich des Grundwassers bloß 60 bezw. 40 Keime in 1 ccm; die wasserführende Schicht war auch durch das alleinige Vorkommen von *Bact. terrestre alb.* als pathogen nicht beeinflußt gekennzeichnet. Kabrhel schließt daraus mit Recht, daß die 50 m unterhalb von der Ortschaft gelegene Wasserentnahmestelle bereits außerhalb des Bereiches der verunreinigenden Einflüsse der Ortschaft liegt; die Strecke von 50 m Sandboden hat hingereicht, um die schädlichen Einflüsse aus dem Bereich der Ortschaft im Grundwasser wettzumachen.

Ein anderes, von Kabrhel aufgeführtes Beispiel[2] scheint nicht ganz geklärt: Etwa 300 m von dem nächsten Gebäude eines verbauten Bezirkes lag der Sammelbrunnen einer Wasserleitung in 4—5 m sandigem Schotter unter 1,5—3 m Ziegellehm. Zwei chemische und bakteriologische Untersuchungen ergaben u. a. 73,1 bezw. 100 mg Salpetersäure und 37 bezw. 42 mg Chlor im Liter Wasser, aber nur 24 bezw. 18 Keime in 1 ccm (auf Koch's alk. Fleischpeptongelatine), nur gewöhnliche Wassermikroben, keine pathogenen Bakterien. Auch im übrigen erwies sich die Wasserleitung auf Grund mehrjähriger Erfahrungen hygienisch einwandfrei. Angaben über die Richtung des Grundwasserstroms und über die genaue Stelle der Wasserentnahme fehlen, es scheint mir daher nicht ausgeschlossen, daß der Gehalt an Salpetersäure und Chlor vielleicht nicht auf einen Einfluß des verbauten Bezirkes, sondern auf eine der bekannten Fehlerquellen zurückzuführen ist

[1] im Sinne des Grundwasserstroms.

[2] a. a. O. 1909. **68**. p. 225—227.

(ungenügend durchspülte maschinelle oder sonstige Teile der Anlage, Zutritt von abgestandenem Wasser zur Pumpe [vgl. diese Abh. p. 35; Geologie u. Hyg. p. 326 f.]); Kabrhel hält denn auch diese Wasserentnahmestelle für einwandfrei und kommt auf das Ergebnis seiner vorher genannten Untersuchungen zurück, dem er bei analogen Bodenverhältnissen (Sand mit hohem Grundwasserstand) eine allgemeine Geltung zuspricht[1]: Oberhalb und unterhalb der Wasserfassung wäre hiernach ein Schutzrayon von je 50 m + dem Radius der Depression (des Grundwassers beim Abpumpen) zu verlangen, während nach Thiem bei Röhrenbrunnen auf jeder Seite der Fassungslinie ein 7,5 m breiter Streifen zum Betriebe genügen soll; ob er auch als Schutzstreifen genügt, ist mir nach Vorstehendem sehr zweifelhaft, schon weil über Änderungen in der Richtung von Grundwasserströmen noch kaum Beobachtungen oder Erfahrungen vorliegen. Dagegen scheint mir die Forderung etwas weitgehend, daß der Schutzstreifen die ganze Depression berücksichtigen und auch nach unterhalb (im Sinne des Hauptgrundwasserstroms) ebenso breit sein soll wie nach oberhalb. Dies wäre wohl nur dann nötig, wenn durch einen nahe unterhalb gelegenen Fluß eine völlige Umkehr des Grundwasserstromes hervorgerufen werden kann (vgl. Fig. 6)[2].

Eine entsprechende Beobachtung teilt Springfeld mit[3]: Auf felsigem Schieferboden liegen 5—6 m mächtige Alluvionen der Ruhr, zu oberst 0,3—0,4 m Humus, darunter Lehm von wechselnder Dicke, darunter 3—4 m Schotter mit wechselndem, i. M. 45 % Porenvolumen. Vom Flusse her wird durch Brunnen, die in wechselnder Entfernung vom Ufer angelegt sind, Flußwasser angesogen; hierbei „ist zwar nicht gelungen, den *Bacillus prodigiosus* weiter als 30 m landeinwärts zu treiben, aber man hat die mit der Vermehrung der Strom- (gleich Fluß-) Bazillen gleichzeitige Erhöhung der Keimzahlen auch in Brunnen von 80—100 m Entfernung gefunden". Springfeld glaubt daher, daß man der Ent-

[1] a. a. O. 1909. p. 233—236.

[2] Vgl. hierzu Lueger-Weyrauch, a. a. O. 1914. p. 108 ff. — Gaertner, a. a. O. 1915. p. 437. — Keilhack, 1912. p. 167 ff.

[3] Springfeld, Die Keimdichte der Förderungsanlagen zentraler Wasseranlagen im Regierungsbezirk Arnsberg. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. 1903. p. 570—575.

keimung erst bei einer Entfernung von 100 m sicher ist. Ich möchte jedoch zur Erwägung stellen, ob nicht das vielfach sehr grobe Korn der betreffenden Flußablagerung und die von ihm erwähnten technischen Fehler an diesen Wasserversorgungsanlagen — offene (bezw. verdeckte) Stichrohre, unterirdische Rinnsale, Drainagegräben, Sickerrohre o. dgl. zwischen Fluß und Brunnen — an der hohen Keimzahl in den genannten Brunnen Schuld trägt. Springfeld hält denn auch im allgemeinen eine Entfernung von 50 m zwischen dem fließenden (oder stehenden) Gewässer und den Brunnen für genügend.

Weitere Erfahrungen berichtet Gaertner[1]: Dunbar ließ 11 Brunnen, die mit ihren Filteroberkanten 10,5—15,5 m unter Erdoberfläche lagen und 16—32 m von einem Graben entfernt waren, der im Kubikzentimeter Wasser 1—5 Millionen Bakterien enthielt, sieben Monate hindurch abpumpen. Der Boden bestand zu rund 70 % aus Sand von 0,2—0,5 mm Durchmesser. Bei 1 m Absenkung des Wasserspiegels während des Pumpens blieb das Wasser keimfrei; als die Absenkung auf 2 m erhöht wurde, stieg nach 14 Tagen die Keimzahl auf 100 und erhob sich später auf 10 000. Leider ist nicht bekannt, wo der natürliche Wasserspiegel lag und wie tief der unreine Graben in den Boden einschnitt, man darf aber wohl nach den vorgenannten Erfahrungen über den senkrechten Filtrationseffekt annehmen, daß zwischen der Grabensohle und den Filteroberkanten ein erheblich geringerer Tiefenunterschied als 10—15 m vorhanden war; dieser ebenso wie der wagerechte Abstand (16—32 m) genügte bei mäßiger Beanspruchung der Brunnen und war nur bei starker Abänderung der natürlichen Verhältnisse ungenügend.

Bei zwei anderen Brunnen in feinem Schwimmsand von 0,01—1,05 mm Korngröße unter etwa 5 m „faulem Sandfels", Sand und Lehm, die 16 m voneinander entfernt lagen, war nach Gaertner (l. c.) bei 3,1 m Absenkung des Wasserspiegels in einem Brunnen eine eingeschüttete Kochsalzlösung nach 9 und vor 18 Stunden, eine Aufschwemmung von *Bac. prodigiosus* nach 25 Stunden nachweisbar; der Filtrationseffekt war also hier bei 16 m Entfernung und starker Absenkung trotz des feinen Boden-

[1] Gaertner, a. a. O. 1915. p. 226—230, 252 ff. — Vgl. Kruse, Zeitschrift für Hygiene. 1908. **59**. p. 6, und Wasser und Abwasser. 1911. p. 60, 76.

korns ungenügend. An weiteren Brunnen beobachtete Dunbar (nach Gaertner l. c.) eingeschüttete *Coli*-Bakterien vom 39., *Prodigiosus*-Bazillen vom 53. und Fluorescein vom 49. Tage ab auf 18,5 m Entfernung im Grundwasser, obwohl auch hier die Korngröße des Wasserträgers nur 0,2—0,5 mm betrug und die Filteroberkante 15,5 m unter Geländeoberfläche lag. Kruse sah (nach Gaertner l. c.) bei Brunnen in Kies, hauptsächlich groben, abgerollten flachen Schieferstücken mit streckenweise tonigen Zwischenlagerungen aus 25 m Entfernung zugeführte *Prodigiosus*-Bakterien schon nach 7 Stunden mit 3 % wieder erscheinen, aus 50 m Entfernung nur 0,3 %. Nach 3 Monaten gingen aber die Bakterien nicht mehr durch. Im gleichen Boden zeigte sich wieder, daß die Absenkung wesentlichen Einfluß hat; in 50 m Entfernung traten bei 1,4 m Absenkung eines Brunnenspiegels 1 % der zugeführten Keime durch, bei 0,8 m 0,1 %, bei sehr geringer Absenkung 0,013 % Keime.

Abba, Orlandi und Rondelli beobachteten (nach Gaertner l. c.) unter dünner Humusdecke nach Überstauen mit *Prodigiosus*-Wasser in Grobsand mit Kiesen, großen Geröllen und Feinkies die Keime in 27,5 m und 200 m Entfernung wieder; an dem ungünstigen Ergebnis war die verhältnismäßig große Geschwindigkeit des Grundwasserstromes von 4—5 m in der Stunde Schuld, wahrscheinlich infolge von ausgewaschenen Rinnen zwischen den groben Geröllen. Diethorn und Luerssen brachten (nach Gaertner l. c.) in Boden von 77 % Mittel- und Grobsand, 12 % Feinsand und 11 % Grobkies 19 m unter Geländeoberfläche viele Billionen *Prodigiosus*-Bakterien. Ein 21 m entfernter, sehr kräftig abgepumpter Rohrbrunnen, dessen Filter 37—54 m unter Erdoberfläche lag, hatte 8—19 Tage nach der Einschüttung nur etwa einen von 40 000 dieser Keime; der Filtrationseffekt ist also hier bei 21 m wagerechter und 18 m senkrechter Entfernung zwischen Einschüttungsstelle und Filteroberkante genügend, nach den jetzigen Erfahrungen wohl hauptsächlich wegen der T i e f e. Das gleiche darf bei einer zweiten Versuchsreihe von Diethorn und Luerssen in fast gleichem Boden angenommen werden bei 17 m wagerechter und 25 m senkrechter Entfernung zwischen Filteroberkante und Einschüttungspunkt der roten Bakterien, die bei etwas geringerer Absenkung im Pumpenwasser nicht erschienen. —

Im Entwurf einer Polizeiverordnung über die Einrichtung und

den Betrieb von Wasserleitungen wurden nun folgende Forderungen gestellt[1]:

„Die Umgebung einer Quellkammer ist im Umkreise von mindestens 25 m einzufriedigen und zu berasen, oder aufzuforsten; sie darf niemals mit natürlichem Dünger gedüngt oder zu Weidezwecken benutzt werden."

„Wird die Wasserleitung aus Grundwasserströmen gespeist, die ganz oder teilweise aus benachbartem Oberflächenwasser entstanden sind, oder mit solchen in Verbindung stehen, so müssen die Wassergewinnungsstellen, sofern das Wasser nicht künstlich entkeimt wird, von der Grenze des Oberflächenwassers folgende Entfernung haben: Bei einem Porenvolumen der wasserführenden Schicht von 60 = 100 m, 50 = 75 m, 40 = 50 m, 30 und weniger = 30 m. Als Grenze des Oberflächenwassers gilt die in jedem einzelnen Falle polizeilich festzusetzende mittlere Wasserstandsgrenze."

„Dieselben Entfernungen sind einzuhalten von künstlichen Gräben und oberirdischen Becken, sowie von unterirdischen Kanälen und Becken, wenn diese zur Speisung oder Anreicherung des Grundwasserstromes dienen."

„Jede Wassergewinnungsstelle ist mit einem mindestens 100 m breiten Schutzstreifen brachliegenden Landes ringsum zu umgeben. Liegt eine Wassergewinnungsstelle unterhalb von Kläranlagen oder der Einmündung von Abwässerleitungen, so muß die Grenze des Förderungsgeländes von den Kläranlagen oder von der Einmündung mindestens ½ km entfernt sein. Das Förderungsgelände ist einzufriedigen und darf niemals berieselt oder mit natürlichem Dünger gedüngt werden."

Abgesehen davon, daß Anforstung nahe bei Wasserfassungen aus mehrfach genannten Gründen (vgl. Geologie u. Hyg. p. 341 u. diese Abh. p. 9) schaden kann, wenn der Wasserspiegel nicht außerhalb vom Bereich der Wurzeln liegt, sind mir keine Beobachtungen bekannt, welche so allgemeine Vorschriften begründen würden. Wie gezeigt, genügt häufig ein Schutzgebiet von etwa 50 m oberhalb der Entnahmestelle und entsprechend geringerer Ausdehnung nach den Seiten sowie unterhalb (im Sinne des Grund-

[1] Regierungsrat Krenzlin, Das staatliche Aufsichtsrecht gegenüber zentralen Wasserleitungen in Preußen. Braunschweig 1904. p. 17 f. nach Springfeld; vgl. auch Klinisches Jahrbuch. 1903. p. 424.

wasserstromes); es kann sogar u. U. statthaft sein, Teile solcher Schutzbezirke zu bestellen. Andererseits lassen sich für Gebiete mit klüftigem Boden (vgl. p. 40 f.) überhaupt keine allgemeinen Angaben über die Ausdehnung von Schutzbezirken machen[1]. Es sind „Fälle veröffentlicht, wo nach Aufbringen von infiziertem Dünger auf den Acker, unter welchem klüftiger Fels anstand, Typhus auftrat“[2]. Im übrigen ist aber, wie das auch im preußischen Quellenschutzgesetz und der Ausführungsanweisung dazu[3] ausgesprochen wird, die Frage der Gestaltung und Ausdehnung des Schutzbezirkes im wesentlichen von geologischen Gesichtspunkten aus zu beurteilen[4] und im Einzelfall sachkundig zu prüfen. Daraufhin muß dann jeweils von Geologen unter Zuziehung anderer Sachverständiger festgestellt werden, welche Arbeiten im Schutzbezirk ausgeführt werden können und welche besonderer Genehmigung bedürfen oder zu verbieten sind. Hiermit wird die Beschränkung des Verfügungsrechts über das Grundeigentum, im Stellungskrieg die Behinderung anderer Kriegsarbeiten, auf das erforderliche Maß zurückgeführt.

Es ist schade, daß dies Gesetz nur den Schutz von Heilquellen regelt, nicht von Trinkwasserfassungen überhaupt. Die vorhandenen Verordnungen bieten dafür nur unvollkommenen Ersatz[5]. Es genügt z. B. nach den jetzt gewonnenen Erfahrungen fast nie, wenn

[1] Kabrhel, Archiv für Hygiene. **68**. 1908. p. 236. — Vgl. auch Lueger-Weyrauch, a. a. O. 1914. p. 111. — Gaertner, a. a. O. 1902. p. 494.

[2] Gaertner, 1915. p. 223.

[3] C. Voelkel, Quellenschutzgesetz vom 14. Mai 1908 nebst den Ausführungsbestimmungen usw. Guttentagsche Samml. Preuß. Gesetze No. 44. 1909. p. 24 ff., 68 ff. — Keilhack, Grundwasser- u. Quellenkunde. 1912. p. 505—508.

[4] Vgl. hierzu u. a. Höfer, a. a. O. 1912. p. 128—131.

[5] Vgl. z. B. Brunnenordnung des Regierungsbezirks Schleswig vom 27. 12. 1906, Amtsblatt 1907, p. 16, abgedruckt bei Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsmäßiger Trink- und Nutzwasserversorgung. Berlin 1911. p. 118, und Gaertner, a. a. O. 1915. p. 655. — Bauordnung für die Landgemeinden des Regierungsbezirks Stade vom 19. 3. 1908, abgedruckt bei K. Opitz, Brunnenhygiene. Berlin 1910. p. 70 f. — Brunnenordnung für Unterelsaß. Zentral- u. Bez.-Amtsblatt f. Els.-Lothr. 1905, abgedruckt bei van Werveke, Mitt. Geol. Landesanst. Els.-Lothr. **10**. 1. 1916. p. 42. — Vgl. auch Geologie und Hygiene. p. 301; Wasser und Abwasser. 1911. p. 52; Lehrbuch der Militärhygiene. 1910. p. 258. — Salomon, Wassergewinnung und Wasserverwendung im Felde. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1916. p. 397 f.; — Über einige im Kriege wichtige Wasserverhältnisse etc. 1916. p. 26.

ein Bohr- oder Schachtbrunnen nur 15 oder 10 m von Aborten, Sicker- oder Sammelgruben, Dungstätten, Jauchegruben, Küchenausflüssen, Kanälen und sonstigen zur Aufnahme und Abführung von Abfallstoffen, Schmutzwässern usw. dienenden Einrichtungen entfernt liegt. Daß unter bestimmten Vorbedingungen noch geringere Entfernungen — bis 5 m — zugelassen werden, erscheint gegenüber ländlichen Verhältnissen als ein Zugeständnis, das angesichts häufiger technischer Fehler und des vielfach mangelnden Verständnisses auf dem Lande für die gesundheitlichen Anforderungen an Wasserversorgungsanlagen zu recht bedenklichen Zuständen geführt hat (vgl. Geologie u. Hyg. p. 307 Anm. 1). Wo heute noch die Möglichkeit einer Verunreinigung des Untergrundes infolge der Bauart einer Wasserfassung oder durch die Bodenverhältnisse ausgeschlossen erschien und daraufhin die Anlage einer Abwassergrube o. dgl. in geringer Entfernung davon genehmigt wurde, kann die dauernde Einsickerung den Abwässern binnen kurzem Zugänge zum Grundwasser schaffen, wie bereits Kabrhel betonte und jetzt erneut erwiesen ist (vgl. p. 10 ff.). Allgemein gültige Festsetzungen über die Entfernungen zwischen Wasserfassungen und Schmutzwasserversickerungen kann man eben vom geologischen Standpunkt nicht geben, sie müssen in jedem Einzelfall nach Untersuchung des Bodens bestimmt werden. Ebenso können nach dem Vorstehenden keine allgemein gültigen Bestimmungen über die Beschränkung von Arbeiten in Schutzbezirken gegeben werden, wie das bisweilen angeregt wurde[1]. Diese sind vielmehr auf Grund der geologischen Vorarbeiten unter Berücksichtigung der technischen, chemischen, bakteriologischen und nötigenfalls agronomischen sowie industriellen Gesichtspunkte und der oft einander widerstreitenden Interessen von Fachleuten in jedem Einzelfall festzustellen[2]. Da-

[1] Krenzlin, a. a. O. 1904 (vgl. auch diese Abhandl. p. 48). — Springfeld, Typhusepidemien im Regierungsbezirk Arnsberg usw. Klinisches Jahrbuch. 1903. p. 424. Kabrhel, Archiv für Hygiene. **68**. 1908. p. 233. — Smreker, Wasserbau. Handb. d. Ing.-Wiss. **3**. 1914. p. 57. — Gaertner, a. a. O. 1915. p. 477—480.

[2] Vgl. Preußischer Erlaß vom 11. 2. 1905 über Einrichtung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen, abgedruckt bei Keilhack, Grundwasser- und

bei kann es sich handeln um Schutz gegen Wasserentziehung oder Überflutung (z. B. Hochwasser, Stauanlagen u. dgl.); Zu- oder Durchleitung von infektiösem oder Schmutzwasser bezw. industriellem Abwasser, z. B. Kali; Zulassung oder Behinderung der Anlage von Schächten, Bohrungen, Stollen oder Gräben, Wegen, Steinbrüchen, Ausbaggerungen, Abort-, Abfall-, Dung-, Jauche-, Abwassergruben, Sicker- oder Schlammschächten, Entlausungs- und Desinfektionsanstalten, Einzel- oder Massengräbern, Kirchhöfen; Desinfektion der Fäkalien oder Abwässer und deren Überwachung; energische Bekämpfung von Infektionskrankheiten; Lagerung von Giftstoffen (z. B. auch u. U. brisante Munition); Einleiten giftiger Abwässer in Bäche, Flüsse, Seen usw.; Bestellung mit künstlichen oder natürlichen, frischen oder kompostierten Dungstoffen, tierischen oder menschlichen Fäkalien, Brachlegen oder Bepflanzen von Grundstücken unter Angabe etwa zulässiger Arten der Bepflanzung, Zulassung oder Behindern von Weiden, Halden, Kanälen, Teichen, Kläranlagen, Berieselung; Einfriedigen ganzer Schutzbezirke oder von Teilen derselben, z. B. von Erdrissen, Erdfällen, Dolinen u. dgl.; Zuschütten von Erdrissen und Spalten, Abdichten von solchen mit Ton, Lehm, fettem Mergel, Beton oder Zement; etwaige besondere Vorsichtsmaßregeln, die bei Anlage von Schächten, Stollen, Gräben, Steinbrüchen, Gräbern, Abort-, Abwassergruben u. dgl., beim landwirtschaftlichen oder industriellen Betrieb etc. beachtet werden müssen; Mindestentfernung zwischen Wasch- und Tränkstellen und Quellen, Brunnen oder Sicker- bezw. Drainageanlagen. Den Schutzbezirk selbst umgibt man an den meistgefährdeten Stellen zweckmäßig mit dichtem Stacheldrahtzaun und beläßt einen möglichst schmalen, wasserdicht befestigten Zugang zur Fassung.

Schematisch läßt sich dies alles nicht behandeln, man könnte z. B. auch auf klüftigem Boden die Düngung nicht für große Landstrecken verbieten. „Aber man kann die stark gefährdeten Bezirke heraussuchen und für sie zweckentsprechende Schutzmaßnahmen vorschreiben", wie z. B. für die unmittelbare Umgebung

---

Quellenkunde. 1912. p. 480—487. — Höfer, a. a. O. 1912. p. 128. — Gaertner, a. a. O. 1902. p. 494; 1915. p. 434—436. — Anleitung für Einrichtung, Betrieb und Überwachung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen vom 16. 6. 1906, II, abgedruckt bei Gaertner, a. a. O. 1915. p. 618, 630—634. — Salomon, Über einige im Kriege wichtige Wasserverhältnisse etc. 1916. p. 22, 24—27.

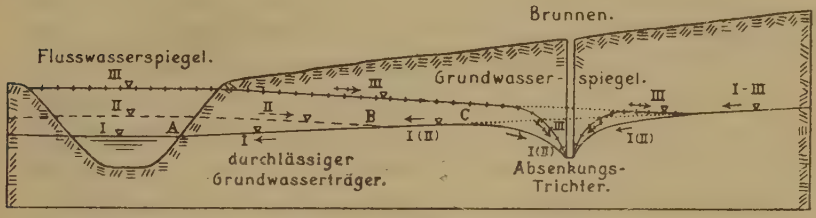
von Quellen, Sickeranlagen- und sonstigen Wasserentnahmestellen, ganz besonders auf klüftigem Boden (vgl. p. 40 f.). Im Stellungskrieg auf feindlichem Gebiet ist dies gewöhnlich viel leichter durchführbar wie im eigenen Lande, z. B. bei Truppen- oder Gefangenenlagern, für Garnisonsanstalten u. dgl., weil an der Kampffront kein Grunderwerb, keine Enteignung oder Bestellung von Grundgerechtigkeiten nötig ist, Kosten dafür meist nicht entstehen und bisweilen höchstens der Feind die Schaffung oder Erhaltung von Schutzbezirken (in der Regel unbewußt durch Bestreichung mit Feuer) behindern oder bewirken kann. Nur müssen sich die eigenen Truppen durch Erkenntnis der Notwendigkeit und durch Befehle an ihre Beachtung gewöhnen.

Nach vorgenannten Grundsätzen soll auch in jedem Einzelfall auf geologisch-hygienischer Grundlage beurteilt werden, wie nahe Trinkwasserfassungen an Bach-, Fluß- oder Seeufern liegen dürfen, damit schmutzstoffbeladenes Flußwasser usw. aus einem durchlässigen Grundwasserträger des Ufers in natürlich filtriertem Zustand gewonnen wird[1]. Man hat dabei zu berücksichtigen, daß mit zunehmender Entfernung der Entnahmestellen vom Ufer vielfach deren Ergiebigkeit abnimmt, während die Güte des Filtrats zunimmt.

Kabrhel hat den Geländestreifen zwischen dem Flußufer und einer demselben parallelen Brunnenreihe als „neutrale Zone" bezeichnet (vgl. Fig. 6). In dieser Zone wird ein Teil des Grundwassers (A. C bezw. B. C der Skizze) zum Fluß hin abfließen, solange der Absenkungstrichter des Grundwassers beim Abpumpen nicht von zuströmendem Flußwasser erreicht wird. Bei starker Anfüllung des Flußbettes oder bei Überanstrengung der Brunnen kann also u. U. der Fluß die Entnahmestellen neben seinem Ufer auch in größerer Entfernung speisen (III der Skizze).

[1] Richert, Die Grundwasser. München-Berlin 1911. — Kabrhel, Archiv für Hygiene. 1909. p. 102. — Lueger-Weyrauch, Wasserversorgung der Städte. I. 1914. p. 108, 810 ff. — Gaertner, a. a. O. 1915. p. 232—244, 248—255. — O. Smreker, Wasserbau. 1914. p. 102 f.; — Zur Frage der Wassergewinnung durch natürliche Filtration. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1899. — Ed. Imbeaux, L'Alimentation en eaux et l'assainissement des Villes. Paris 1901. p. 120—124. — Springfeld, Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. 1903. p. 575.

und es muß verlangt werden, daß das Wasser auch dann durch „natürliche Filtration“ gesundheitlich einwandfrei ist. Anhaltspunkte für die hierbei zu wählenden Entfernungen sind im vorstehenden gegeben, man wird danach die „neutrale Zone“ je nach den Bodenverhältnissen und Grundwasserständen breiter oder schmäler anordnen und um so vorsichtiger sein, je gröber das Bodenkorn ist. Läßt sich die Entfernung der Brunnen vom Ufer nicht hinreichend vergrößern, so kann man die mangelnde horizontale Filtration nach Vorstehendem bei genügender Mächtigkeit des Grundwasserträgers durch vertikale



I : Mittelwasser
II : Anschwellung } ohne Eintritt von Flusswasser in den Brunnen.
III: Hochwasser mit Eintritt von Flusswasser in den Brunnen: „Natürliche Filtration“.

In der „neutralen Zone“ fliesst zwischen A u. C bei Mittelwasser, zwischen B u. C bei geringer Anschwellung Grundwasser zum Fluss hin ab.

Fig. 6. Natürliche Filtration, schematisch dargestellt.

Filtration ersetzen, d. h. man baut den Filter des Brunnens entsprechend tiefer ein und dichtet den oberen Teil der Fassung so ab, daß nur tiefes Bodenwasser angesaugt wird[1]. Zu beachten ist ferner, daß das Flußwasser auf seinem Wege zu den Entnahmestellen möglichst keine Mangan- oder Eisenverbindungen aufnimmt, und daß die Temperatur des filtrierten Oberflächenwassers durch den unterirdischen Weg angemessen gleichmäßig werden soll[2]. Im allgemeinen beeinflußt langsame Filtration in feinem Bodenkorn auch

[1] Lueger-Weyrauch, a. a. O. 1914. p. 811. — Vgl. Tabelle p. 16—26.

[2] A. Thiem, Die künstliche Erzeugung von Grundwasser, ref. bei Kabrhel, a. a. O. 1909. p. 213, vgl. auch p. 219. — Gaertner, a. a. O. 1915. p. 239—241. — Scheelhaase, Geol. Rundsch. 1912. p. 136.

den Kältegrad des Wassers ebenso günstig wie den mechanischen, chemischen und bakteriologischen Filtrationseffekt. Nach Kabrhel (a. a. O.) werden alle diese Komponenten der Filtration zur Zeit des Anstieges im Flußwasserspiegel schlechter; „währt aber der Anstieg einige Zeit, so bessert sich die Leistung auch bei hohen Wasserständen bis fast zu ihrer ursprünglichen Höhe". Daraus folgt, daß man am besten bei frischem Ansteigen des Flußwassers die Brunnen untersucht, welche nahe dem Ufer von ihm gespeist werden können. Zeigen sie sich dann in jeder Beziehung einwandfrei, so bleiben sie es in der Regel auch sonst: sind sie aber zu beanstanden, so müssen sie durch technische Mittel verbessert oder wenigstens bei ansteigendem bezw. Hochwasser und kurz nachher[1] für Trinkzwecke gesperrt, besser landeinwärts verlegt werden, wenn auch andererseits der Anstieg der Mikrobenzahl zur Zeit erhöhter Flußwasserstände nüchtern zu beurteilen ist. Typhusepidemien, die mit Sicherheit darauf zurückgeführt werden könnten, sind nach Kabrhel (a. a. O. 1909. p. 218) bisher nicht festgestellt worden, wohl aber Magenerkrankungen. Man wird also zweckmäßig in solchen Fällen künstliche Verbesserung des Trinkwassers (etwa durch Chloren oder Ozonisierung) auf Zeiten des Flußwasseranstieges beschränken.

Nach allen bisherigen Erfahrungen ist bei derartigen Fassungen natürlich filtrierter Fluß-, See- oder Bachwässer große Vorsicht geboten, und da der Gehalt des Filtrates an Bakterien (besonders *Coli*) sowie gesundheitsschädlichen Stoffen „weniger von der Güte des Flußwassers als von der Güte der Bodenfiltration" abhängt, darf ihre Beurteilung auch von Technikern, Hygienikern, Chemikern usw. nur auf geologischer Grundlage erfolgen. Vorbedingung ist dabei selbstverständlich, daß ein offener Zutritt aus dem Fluß usw. in die Trink- und Hausgebrauchswasser-Brunnen oder -Sammelkanäle keinesfalls gestattet wird; die bisweilen beliebten Stichrohre zwischen Fluß und Sammel- oder Entnahmeanlagen, sowie die Wasserentnahme aus ganz lockeren, grobporigen Alluvionen oder gar aus dem offenen Gewässer selbst sind daher

[1] Vgl. Lueger-Weyrauch, a. a. O. 1914. p. 109 nach Gaertner, Renk, Schill und Meinert. — Gaertner, 1915. p. 243 f., 251, 254.

in unmittelbarer Verbindung mit der natürlichen Filtration nahe von Ufern unbedingt zu verbieten, wo Benutzung des Reinwassers für Versorgung von Menschen, Pferden usw. in Frage kommt. Andererseits ist zu beachten, daß sich allmählich auch gröbere Poren und kleine natürliche Kanäle im Grundwasserträger durch Verschlammung verschließen können. Dadurch wird die Filtration bei Brunnen nahe den Ufern, besonders an stehenden oder langsam fließenden Gewässern, nach und nach verbessert, ihre Ergiebigkeit aber verschlechtert[1]. Dies kann wieder dazu führen, solche Brunnen mit der Zeit aufzugeben und an frischen Stellen neue anzulegen, denn die Beseitigung der Verschlammung etwa durch natürliches Hochwasser oder künstliches Abkratzen der nächsten Uferstrecken wird in der Regel die Filtration verschlechtern. Bei kleineren feldmäßigen Wasserversorgungsanlagen im Stellungskrieg, die nicht übermäßig beansprucht werden, wird allerdings eine Verstopfung der natürlichen Filterfläche infolge von Ansaugung durch Pumpen kaum eintreten[2] und eine Verlegung von Brunnen aus diesem Grunde kaum erforderlich werden; wohl aber sind auch bei feldmäßigen Anlagen die vorstehenden geologischen Gesichtspunkte zu beachten, damit gesundheitliche Schädigungen ausgeschlossen werden.

Die gleichen Leitsätze sind bei der „Anreicherung von Grundwasser“ („Erzeugung künstlichen Grundwassers“) maßgebend (vgl. Fig. 7). Der Gedanke, natürliches Grundwasser durch Infiltration von Oberflächenwasser anzureichern, ist alt. Die Rieselung, z. B. im Niltal, beruht darauf. Sie erfordert aber große Rieselfilterflächen, welche durch Verschlicken verstopft werden können, ist nicht leicht zu beaufsichtigen und kann bei Eisbildung versagen; ihr hygienischer Wert wird verschieden beurteilt[3]. Man würde zur Anreicherung von Grundwasser, das für Trink- und Hausgebrauchswasserversorgung benutzt werden

[1] Lueger-Weyrauch, a. a. O. 1914. p. 312 f. — Gaertner, 1915. p. 249. 253 f. — Springfeld, Keimdichte der Förderungsanlagen etc. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. 1903. p. 574 ff.

[2] O. Lueger, Wasserversorgung der Städte. 1890. p. 491.

[3] Gaertner, a. a. O. 1915. p. 258—262. — Lueger-Weyrauch, 1914. p. 811 f. — Schmidtmann, Thumm und Reichle, Beseitigung der Abwässer und ihres Schlammes, in: Wasser und Abwasser. 1911. p. 279—283, 286—292. Über Anstauung von Grundwasser hinter unterirdischen Wehren vgl. u. a. Smreker, Wasserbau. III. 1914. p. 309 f.; Lueger-Weyrauch, p. 806—808.

soll, natürlich keine Abwässer, sondern möglichst reine Bach-, Fluß- oder Süßwasserseewässer verwenden. Den Gedanken, Oberflächenwasser aus offenen Becken in sandigen Boden zu infil-

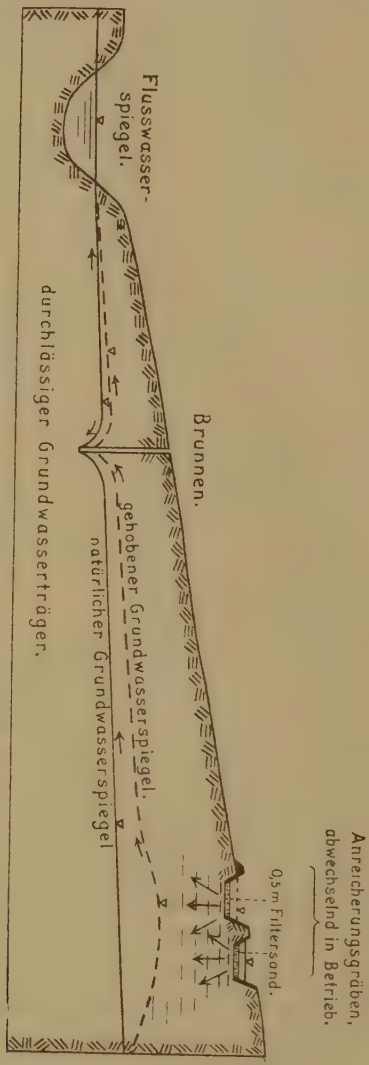


Fig. 7. Anreicherung von Grundwasser, schematisch dargestellt.

trieren und in gewisser Entfernung wieder herauszupumpen, hatte zuerst der Deutsche A. Thiem. Späterhin wurde das System namentlich von Richert in Schweden, von westfälischen Wasser-

werken, Scheelhaase in Frankfurt und Imbeaux in Nancy ausgebaut[1]. Man leitet aus einem Fluß, Bach oder See mit „Anreicherungsgräben“ (Fig. 7), Versickerungsbecken und Rohrleitungen Wasser auf durchlässigen Boden oberhalb[2] der Grundwasserentnahmestellen und läßt es dort durch die offene Sohle der Gräben bezw. Becken, durch Drainagen oder sonstige Sickeranlagen infiltrieren. Dadurch wird nach einiger Zeit — bei langsamer und guter Filtration erst nach mehreren Jahren — der natürliche oder durch Pumpen abgesenkte Grundwasserspiegel künstlich gehoben.

Je gleichmäßiger das Bodenkorn ist und die Infiltration erfolgt, um so besser wirkt das Verfahren; Vorreinigung des Infiltrats durch Steinschlagsickerung, Kies-, Sandfilter o. dgl. hat sich als wünschenswert, jedoch nicht durchaus erforderlich gezeigt, wenn der natürliche Bodenfilter gut ist; da sich aber die Bodenporen schließlich verstopfen können, ist z. B. ein etwa 50 cm starkes Sandpolster auf der Sohle der Anreicherungsgräben (deren Wände dann möglichst wasserdicht herzustellen wären) zu empfehlen. Von Zeit zu Zeit wird die verstopfte oberste Sandschicht abgehoben und durch neuen reinen Sand ersetzt, oder eine abgelagerte Schlammdecke wird abgestochen bezw. abgerollt[3], und damit inzwischen die Infiltration nicht unterbrochen wird, ordnet man je 2 Becken, Gräben, Sickerungen o. dgl. an, die abwechselnd in Betrieb gesetzt werden. Während der Reinigung hat dann auch das betreffende natürliche Bodenfilter Zeit, sich zu „regenerieren“.

[1] A. Thiem, Die künstliche Erzeugung von Grundwasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1898. p. 189, 207. — J. G. Richert, Die Grundwasser, mit besonderer Berücksichtigung der Grundwasser Schwedens. München und Berlin 1911. — Springfeld, Die Keimdichte usw. 1903. p. 576. — Ed. Imbeaux, a. a. O. 1901. p. 124—133; — Nouvelles méthodes techniques de filtrage des eaux potables. Bericht XIV. internat. Kongr. f. Hygiene und Demographie 1907. III. 1908. p. 173—175. — Lueger-Weyrauch, 1914. p. 813—819. — Smreker, a. a. O. 1914. p. 328—332. — Scheelhaase, Beitr. zur Frage der Erzeugung künstlichen Grundwassers aus Flußwasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1911. p. 665; — Verhandl. des 1. Kongr. f. Städtewesen, Düsseldorf 1912; — Erzeugung künstlichen Grundwassers aus Mainwasser. Geol. Rundsch. 1912. p. 133—137; — Wasser und Abwasser. 1911. p. 62. — Gaertner, 1915. p. 250—258. — Hambloch und Mordziol, Über Trinkwasserversorgung im Felde. Braunschweig 1915. p. 18—20.

[2] im Sinne des Grundwasserstroms.

[3] Vgl. Wasser und Abwasser. 1911. p. 285.

d. h. es sollen „feinste organische Schwebestoffe und Kolloide durch längere Einwirkung des Sauerstoffes der Grundluft zersetzt werden" (Smreker).

Oberflächenwasser, das mit organischen Bestandteilen besonders beladen ist (kenntlich durch hohen Kaliumpermanganatverbrauch), schickt man bei der Infiltration möglichst nicht unmittelbar in den Grundwasserspiegel hinein, sondern zunächst in einen darüber liegenden, von Wasser nicht ausgefüllten Raum des natürlichen Bodenfilters, damit hier der Sauerstoff der Grundluft auf das über die Sandkörnchen äußerst fein verteilte Wasser einzuwirken vermag (Fig. 7) und die organischen Stoffe oxydiert werden. Scheelhaase konnte (a. a. O.) die Wirksamkeit dieses Verfahrens bei 14 m Abstand der Sickersohle vom Grundwasserspiegel in ziemlich gleichmäßigen diluvialen feinen Sanden und Kiesen und täglich etwa 0,65 m senkrechter Sickergeschwindigkeit dadurch nachweisen, daß bereits in 20 m Entfernung von der Infiltrationsstelle der Gehalt an organischen Bestandteilen ganz wesentlich herabgegangen und das Infiltrat vollständig keimfrei war. Nach dem jetzt gewonnenen (in dieser Abhandlung erörterten) Einblick in den Filtrationseffekt bin ich überzeugt, daß dort namentlich die s e n k r e c h t e Komponente der Filtration diese Wirkung vollbracht hat, und man würde wohl auch unmittelbar unter der Versickerungsstelle ein Infiltrat festgestellt haben, das auf dem 12,5—14 m hohen[1] Wege durch die Sande und Kiese ganz oder nahezu entkeimt wurde. Anders verhielt es sich mit Temperaturausgleich, Geruch, Geschmack und Färbung, die allerdings dem dort verwendeten Mainwasser besonders zähe anhaften und allen (künstlichen) Filtrationsversuchen widerstehen. Bei einer durchschnittlichen Horizontalgeschwindigkeit des Grundwasserstromes von täglich 0,5 m war der Temperaturausgleich praktisch vollständig erst in 75 m Entfernung erfolgt: Geruch, Geschmack und Färbung ließen sich bis 100 m Entfernung noch schwach wahrnehmen, bei 130 m nicht (bezw. die Färbung kaum) mehr, ebenso wie der Gehalt an organischer Substanz. Praktisch wurde also dies stark verschmutzte Grundwasser erst von etwa 100 m ab völlig einwandfrei. Man ersieht daraus, daß u. U. auch bei „n a t ü r-

[1] Senkrecht unter der Infiltrationsstelle hatte sich ein 1,5 m hoher Grundwasserrücken gebildet.

licher Filtration" nahe den Ufern offener Gewässer ein Abstand der Entnahmestelle von 50 m, wie er bei der gleichen Bodenart nach den vorstehenden Ergebnissen im allgemeinen genügen dürfte, bisweilen zur Gewinnung eines völlig einwandfreien Trinkwassers nicht mehr genügen würde. Namentlich kurz vor und nach Hochwasser könnte unter solchen Umständen ein zwar bakteriologisch nicht zu beanstandendes, aber chemisch und durch widerlichen Geschmack und Geruch sowie Trübung unbrauchbares Wasser aus den Entnahmestellen kommen, welche dem Ufer zu nahe liegen. Nach GAERTNER (a. a. O.) hätte sich vielleicht die künstliche Grundwassererzeugung aus dem Mainwasser noch verbessern lassen, wenn dessen Versickerung nicht 3 m unter der Erdoberfläche, sondern in der obersten Bodenzone angeordnet worden wäre, weil hier „die Zerstörer der organischen Substanz, die Sauerstoffüberträger, die Bakterien" sitzen, nicht aber in größeren Bodentiefen. Die Oxydation des Schmutzwassers wäre also dann wohl schneller erfolgt, es hätten vielleicht geringere Entfernungen zur Beseitigung des üblen Geruchs, Geschmacks usw. im natürlichen Bodenfilter genügt. Man könnte dem durch möglichst flache Anreicherungsgräben mit hochliegendem Wasserspiegel Rechnung tragen (Fig. 7), die Frage ist jedoch noch ungeklärt und bedarf weiterer praktischer Erprobung.

Es liegt auf der Hand, daß alle diese Erwägungen nur auf geologischer Grundlage durchgeführt werden können, da vor allem die Beschaffenheit des natürlichen Bodenfilters und der vorhandenen Grundwasserverhältnisse den Ausschlag gibt. Um z. B. die Aufnahmefähigkeit des Bodens für das Filtrat beurteilen zu können, muß die Ausdehnung, die stratigraphische und tektonische Lagerung des Grundwasserträgers, seine Porengröße, sein Korn usw. möglichst genau erkundet werden. Auch die voraussichtliche Art der Aufstauung — ob mit freiem oder artesisch gespanntem Spiegel[1] — und hiernach die Wahl der technischen Erschließung — durch Schachten, Bohren, Stollenbau o. dgl. —, sowie deren Entfernung von der Einsickerung ist nur nach geologischer Untersuchung einwandfrei möglich; die vorhandenen Karten, besonders die französischen, genügen dazu fast

[1] Vgl. die Skizzen der schwedischen Ausführungen, IMBEAUX, 1901, p. 130—132, und RICHERT.

durchweg nicht, neue oder ergänzende Aufnahmen sind erforderlich.

Anreicherung von Grundwasser wird im Stellungskrieg wohl nur in seltenen Fällen nötig sein. Wo überhaupt die natürlichen Bedingungen dafür gegeben sind, dürften die vorhandenen Wasservorräte den Bedarf der Besatzungstruppen im allgemeinen decken. Für große Truppenansammlungen, Garnisonen u. dgl. kann das Verfahren jedoch bisweilen in Frage kommen.

Lebenslauf.

Ich, Major z. D. Walter Kranz, bin geboren 18. April 1873 in Wesel a. Rhein als Sohn des Dr. med. J. von Kranz († 1892 als Oberstabs- und Regimentsarzt im 6. Badischen Infanterie-Regiment 114), katholisch. 1878—80 besuchte ich die Volksschule in Freiburg i. Br., 1880—85 die Wöhlerschule (städt. Realgymnasium), 1885—86 das Gymnasium in Frankfurt a. M., 1886—91 das Gymnasium in Konstanz a. B., wo ich das Abiturientenzeugnis erhielt. Oktober 1891 trat ich als Fahnenjunker beim Pionier-Bataillon 15 ein, wurde Januar 1893 Offizier, bestand nach Besuch der Vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule (Berlin) die militärische Berufs- und Schlußprüfung und war als Pionier- und Ingenieuroffizier bei den Pionier-Bataillonen 15 (Straßburg), 13 (Ulm), 20 (Metz) und 7 (Köln-Deutz), sowie bei den Fortifikationen Neubreisach, Swinemünde, Metz und Straßburg, seit März 1913 im fortifikatorischen Verwaltungsdienst.

1897 begann ich Veröffentlichungen auf turistischem, 1903 auf geologischem, 1904 auf militärischem Gebiet. Geologische Studien begann ich 1901 an der Universität Straßburg und hörte Geologie, Paläontologie, Mineralogie und Geographie bei den Herren Professoren Dr. Benecke, Tornquist, Krause, Bruhns, Steinmann, Bbauns, Pohlig, Wilckens, Jaekel, Milch und Braun, in den Wintersemestern 1901/02 und 1906/07 an der Universität Straßburg, Sommersemester 1907 bis einschließlich Sommersemester 1908 an der Universität Bonn und Wintersemester 1908/09 an der Universität Greifswald. Bei zahlreichen, 1904 begonnenen Bearbeitungen im Geologisch-paläontologischen Institut der Universität München erfreute ich mich der Förderung durch die Herren Professoren Dr. Rothpletz, Weinschenk, Broili, Schlosser und Stromer v. Reichenbach, sowie der Herren Dr. Dacqué und

Boden. Im übrigen arbeitete ich selbständig von den verschiedenen Garnisonen aus, sowie in anderen Gebieten Deutschlands und in Italien.

Um 1904 begann ich geologische Erfahrungen im Dienst der Fortifikation Neubreisach zu verwerten; im Baudienst der Fortifikation Swinemünde 1908—12 und Metz 1912, sowie im Bau- und Verwaltungsdienst der Fortifikation Straßburg seit 1913 konnte ich dauernd bei geologischer Bearbeitung der Wasserversorgung, Baugrunduntersuchung und Baustoffbeschaffung den praktischen Nutzen der Geologie für die Anlage ständiger Befestigungen erproben. Seit Ende 1912 trat ich deshalb dienstlich und mit Veröffentlichungen für dauernde Beteiligung der Geologie am militärischen Bauwesen und im Stellungskrieg ein.

Druck von Carl Grüninger, Stuttgart.